

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Implementace základních metod štíhlé výroby ve výrobním
podniku

The Implementation of Basic Lean Manufacturing Methods
in the Manufacturing Corporation

Student: Tomáš Kubalec

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Markéta Gregušová, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Kubalec**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R040 Průmyslové inženýrství
Téma: Implementace základních metod štlhlé výroby ve výrobním podniku
The Implementation of Basic Lean Manufacturing Methods in the
Manufacturing Corporation

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky.
2. Analýza a komplexní posouzení funkce současného systému výroby.
3. Specifikace problémů ve stanovených oblastech, návrh vhodného řešení.
4. Zhodnocení navrženého řešení.


Seznam doporučené odborné literatury:

KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vydání. Praha: Nakladatelství C. H. Beck, s. r. o., 2009. 137 s. ISBN 978-80-740-0119-2.
HÁDEK, L. *Organizace a řízení výroby II*. Ostrava: Vysoká škola podnikání, a.s., 2006. 70 s. ISBN 80-86764-37-0.
KOŠTURIÁK, J. - FROLÍK, Z. *Štlhlý a inovativní podnik*. 1. vydání. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9.
JIRÁSEK, J. *Štlhlá výroba*. 1. vydání. Praha: Grada, 1998. 199 s. ISBN 80-7169-394-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Markéta Gregušová, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011
Datum odevzdání: 21.05.2012


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 21.5.2012



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2012


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Kubalec

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Tyršova 481, Kopřivnice, 74221

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí své bakalářské práce Ing. Markétě Gregušové, Ph.D. za její odborné rady a cenné připomínky, kterými přispěla k vypracování mé bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval zaměstnancům podniku TATRA, a.s., konkrétně panu Ing. E. Bujnoškovi, který mi poskytl všechny potřebné informace a rady, které jsem následně při vypracování mé bakalářské práce zúročil.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KUBALEC, T. *Implementace základních metod štlhlé výroby ve výrobním podniku: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2012, 64 s. Vedoucí práce: Gregušová, M.

Cílem této bakalářské práce je zavedení určitých metod štlhlé výroby do podniku TATRA, a.s., který se zabývá výrobou nákladních automobilů. Konkrétní metody štlhlé výroby budou aplikovány především na pracovišti se třemi stroji (budoucí U-linka) pro výrobu speciálního sortimentu technologicky podobných součástí. Tato práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části budou podrobněji popsány jednotlivé metody štlhlé výroby, které budou použity při řešení dané problematiky. V praktické části bude dané pracoviště pozorováno, aby získané informace byly detailně zapsány a následně zpracovány. Z těchto informací pak bude sestaven současný stav na daném pracovišti, na základě kterého bude navrženo opatření pro zefektivnění a zrychlení celého výrobního procesu daného sortimentu výrobků. Nakonec bude provedeno zhodnocení výrobního procesu po zavedení námi zvolených metod štlhlé výroby.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KUBALEC, T. *The Implementation of Basic Lean Manufacturing Methods in the Manufacturing Corporation: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB - Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2012, 64 p. Bachelor Thesis head: Gregušová, M.

The bachelor's thesis goal is introducing of specific Lean production methods in TATRA, a.s. company, trucks producer. Concrete Lean methods will be applied first of all in 3 machines workplace (U-cell in the future) intended for producing of special assortment technologically similar parts. This thesis is divided to theoretical and practical part. In the theoretical part there will be described in detail individual Lean production methods, which will be used for solving given issue. In the practical part there will be observed given workplace then acquired information will be described in detail and subsequently put together. From this information will be prepared current status for given workplace, based on this status will be designed measure for streamlining whole production process of given products assortment. Finally there will be done evaluation of production process after introducing of our selected Lean production methods.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	8
Úvod	10
Teoretická část	12
1 Štíhlá výroba	12
1.1 Typy plýtvání ve výrobě	12
1.2 VSM – Mapování toku hodnot (Value Stream Mapping).....	13
1.3 VSD – Návrh toku hodnot (Value Stream Design).....	15
1.4 KAIZEN.....	17
1.5 KANBAN	18
1.6 Just-In-Time.....	20
1.7 One piece flow	20
1.8 Metoda 5S.....	22
1.9 Spaghetti diagram.....	23
1.10 SMED – Seřízení během minuty (Single Minute Exchange of Die)	24
Praktická část	26
2 Charakteristika firmy TATRA, a.s.	26
3 Popis pracoviště a výrobního procesu	30
4 Zmapování současného stavu	36
4.1 Vytvoření diagramu VSM	36
4.2 Znázornění současného stavu pomocí Spaghetti diagramu	40
4.2.1 Průtok obrobku přes budoucí U-linku.....	41
4.2.2 Průtok obrobku zámečnickým pracovištěm.....	41
4.2.3 Průtok obrobku přes konzervační zařízení.....	42
5 Návrh budoucího stavu	43
5.1 Sestavení diagramu VSD	43
5.2 Návrh re-layoutu U-linky.....	48
5.3 Návrh Spaghetti diagramu pro budoucí stav	50
6 Kontrola realizovatelnosti navržených opatření	51
7 Kvantitativní vyhodnocení provedených opatření.....	55
8 Zhodnocení provedených investic	56
Závěr	58
Seznam použité literatury.....	59
Seznam příloh	62
Seznam obrázků a tabulek	63

Seznam použitých zkratk a symbolů

C/O	Seřizovací čas (Changeover Time)
C/T	Cyklový čas (Cycle Time)
CNC	Počítačové číslicové řízení (Computer Numeric Control)
DPH	Daň z přidané hodnoty
EPE	Velikost výrobní dávky (Every Part Every...)
FIFO	První dovnitř, první ven (First-In-First-Out)
HB	Zkouška tvrdosti podle Brinella (Brinell Hardness)
JIT	Právě včas (Just-In-Time)
MRP	Plánování materiálových požadavků (Material Requirements Planning)
NC	Číslicové řízení (Numeric control)
PDV	Průběžná doba výroby
SMED	„Seřízení během minuty“ (Single Minute Exchange of Die)
VSD	Návrh toku hodnot (Value Stream Design)
VSM	Mapování toku hodnot (Value Stream Mapping)

C_{celk}	Čas, který je potřeba týdně věnovat všem operacím na obrobku	[min]
C_{FIFO}	Čas na FIFO	[min]
C_O	Čas na pootočení obrobků na frézce	[min]
C_{Obr}	Celkový čas obrábění	[min]
C_S	Čas vyložení obrobků z frézky	[min]
$C_{Seř}$	Celkový čas seřízení	[min]
C_N	Čas nasazení obrobků na frézku	[min]
CO_{CNC}	Seřizovací čas na soustruhu SPT 16 CNC	[min]
CO_{Fr}	Seřizovací čas na frézce FW 315/6	[min]
CO_{NC}	Seřizovací čas na soustruhu SPT 16 NC	[min]
CO_{nej}	Nejdelší průměrný čas seřízení ze všech dílců	[min]
CO_{Pr}	Seřizovací čas na konzervačním pracovišti (pračka)	[min]
CO_{Zp}	Seřizovací čas na zámečnickém pracovišti	[min]
CT_{CNC}	Cyklový čas na soustruhu SPT 16 CNC	[min]
CT_{Fr}	Cyklový čas na frézce FW 315/6	[min]
CT_N	Nejdelší cyklový čas na U-lince	[min]
CT_{NC}	Cyklový čas na soustruhu SPT 16 NC	[min]
CT_{Pr}	Cyklový čas na konzervačním pracovišti (pračka)	[min]
CT_{Zp}	Cyklový čas na zámečnickém pracovišti	[min]
D_{max}	Maximální doba mezi dvěma po sobě jdoucími příjezdy vysokozdvížného vozíku	[min]

DC _{1S}	Dostupný čas za 1 směnu	[min]
DC _{2S}	Dostupný čas za 2 směny	[min]
DC _{Seř}	Dostupný čas pro seřízení	[min]
Dsh	Počet hodin, které má pracovník k dispozici k práci za směnu	[hod]
Dsm	Počet minut na práci, které mají k dispozici pracovníci za směnu	[min]
Dt	Počet pracovních dnů v týdnu	[dny]
LT	Průběžná doba výroby (Lead Time)	[dny]
Mh	Koeficient, sloužící k převodu hodin na minuty	[min]
MP _{Seř}	Maximální počet seřízení za týden	[-]
Mpr	Množstevní plán všech dílců na U-linku na rok 2012	[ks]
OEE	Celková efektivita všech zařízení (Overall Equipment Effectiveness)	[-]
Pc _{VSD}	Součet všech procesních časů na jednotlivých strojích v diagramu VSD	[min]
Pc _{VSM}	Součet všech procesních časů na jednotlivých strojích v diagramu VSM	[min]
PD	Počet dávek, které může maximálně vysokozdvizný vozík odvést	[-]
PD _T	Počet pracovních dní v týdnu	[dny]
PDV _{VSD}	Průběžná doba výroby v diagramu VSD	[dny]
PDV _{VSM}	Průběžná doba výroby v diagramu VSM	[dny]
PH _{VSD}	Index přidané hodnoty v diagramu VSD	[%]
PH _{VSM}	Index přidané hodnoty v diagramu VSM	[%]
PK	Počet kusů v jedné dávce	[ks]
PK _T	Plánovaný počet vyrobených kusů za týden	[ks]
PPD _D	Plánovaný průměrný počet vyrobených dílců za den	[ks]
PT _{Obr}	Procesní čas obrábění	[min]
S _{ZVSD}	Součet všech zásob v diagramu VSD mezi jednotlivými stroji	[dny]
S _{ZVSM}	Součet všech zásob v diagramu VSM mezi jednotlivými stroji	[dny]
SMED _S	Celkový čas seřízení	[min]
Tr	Počet pracovních týdnů v roce	[týdny]
TT	Takt linky	[min]
Z _D	Počet zásob mezi pracovišti v diagramu VSM	[dny]
Z _{NO}	Zásoby, určené dle navržených opatření	[ks]
Z _S	Fyzicky spočítané zásoby	[ks]
Z _{VSD}	Počet zásob mezi pracovišti v diagramu VSD	[dny]
ZL _{LT}	Zlepšení průběžné doby výroby	[%]

Úvod

V minulých letech se zákazníci často museli přizpůsobovat nabídkám podniků a to tím, že museli nakupovat výrobky z omezeného sortimentu, které podniky nabízely, a také museli akceptovat cenu, kterou podniky stanovily pro daný typ výrobku. To vše se dělo v důsledku nedokonalé konkurence v odvětví. V dnešní době je situace naprosto odlišná, protože na trhu existuje velké množství prodávajících, kteří nabízejí stejný typ výrobku a tím si výrobci navzájem konkurují. Zákazník se stal pánem na trhu a podle něj se pak orientuje trh daného výrobku, či sortimentu. Zákazník tedy určuje přesně typ výrobku, který chce koupit, stanoví kvalitu, kterou je ochoten akceptovat a také stanoví cenu, kterou je za výrobek odpovídající kvality ochoten zaplatit.

Všechny tyto změny, které se odehrály na agregátním trhu, vedly podniky k tomu, aby se staly konkurenceschopnými a pokud možno nejlepšími výrobci a prodejci daného typu výrobku. Podniky proto musely začít dělat něco jinak, než konkurence. Slovem „jinak“ máme na mysli lépe, efektivněji, či levněji. A právě v této době (počátek 20. století) se poprvé začaly využívat základní prvky štíhlé výroby. Jejími průkopníky byli např. Henry Ford, který zavedl pásovou výrobu v Americe a také Tomáš Baťa, který na základě poznatků Henryho Forda zavedl a vylepšil některé prvky štíhlé výroby v České republice. Další zemí, která se výrazně zapříčinila o rozvoj štíhlé výroby ve světě, bylo Japonsko, které začalo sledovat výrobní systém v USA (United States of America). Japonci hledali v tomto systému nedostatky a chyby, které pak postupně odstraňovali a svojí pracovní morálkou, myšlením a pracovitostí vymysleli i spoustu nových prvků, které začali postupně implementovat do výroby, a tím se stali první zemí, jejíž podniky se mohly považovat za štíhlé. Za jedny z prvních průkopníků štíhlé výroby považujeme japonskou firmu Toyota, jejíž „Toyota Production system“ (výrobní systém Toyoty) se stal vzorem pro mnoho dalších podniků, které na tento výrobní systém mohou navazovat a pomocí svého tvůrčího myšlení a kreativních schopností do něj vnášet své vlastní inovace. Tím se mohou podniky neustále rozvíjet a dosahovat tak vyšších zisků a právě dosahování zisků by mělo být primárním cílem každé výrobní organizace. Ostatní cíle, které si podniky dávají, by pak měly být pouze nástroji, jejichž prostřednictvím by měl podnik vytvářet kýžený zisk. [1][3][4]

Současná situace v České republice je taková, že všechny podniky se již snaží do své výroby implementovat různé prvky štíhlé výroby. Zatímco většina malých podniků se již mohou označovat jako podniky štíhlé, s velkými podniky to tak úplně není. Je logické, že menší podniky se dokážou rychleji přizpůsobit požadavkům

zákazníka, než podniky větší, protože mohou operativně zasahovat do svého výrobního systému a uplatňovat tam právě ty prvky, které jsou v současné době potřeba. U větších podniků je to samozřejmě složitější, protože každá změna ve výrobním systému souvisí s několika dalšími změnami na jiných pracovištích, a proto je potřeba si každý zásah do výrobního systému pořádně promyslet a zvážit všechny jeho důsledky. [2]

V této práci budou implementovány metody štihlé výroby do podniku TATRA, a.s., který se řadí mezi větší podniky, a proto bude při zavedení těchto metod brán ohled i na další faktory, které budou s daným výrobním procesem souviset. Konkrétní metody štihlé výroby budou uplatněny v „Obrobně dílů motorů a převodů“, a to především na pracovištích, kde se vyrábí sortiment 34 technologicky podobných dílců. Z těchto dílců bude vybrán jeden představitel, na kterém budou použité metody štihlé výroby aplikovány.

Teoretická část

1 Štíhlá výroba

V této kapitole budou představeny a popsány konkrétní metody štíhlé výroby, které budou použity při zpracování této práce. Nejprve je ale potřeba říct něco o samotné štíhlé výrobě. Proč právě název štíhlá výroba? Toto slovní spojení vychází z anglického „Lean Manufacturing“. Slovo „štíhlá (Lean)“ může být nahrazeno například slovy „efektivní“, „rychlá“, „plynulá“ atd., protože právě těmito slovy je možno tuto výrobu charakterizovat. Při používání štíhlé výroby usiluje podnik o to, aby byl výrobní proces co nejefektivnější a přinášel podniku co největší zisky. Ve štíhlé výrobě se usiluje především o to, aby během výrobního procesu nevznikaly žádné ztráty a to jak peněžní, tak materiálové a ostatní. Pomocí různých metod štíhlé výroby je možno dosáhnout plynulejšího toku materiálu výrobním procesem, minimalizace zásob na pracovištích i ve skladech, úspory pracovníků a mnoho dalších jevů, které přispívají podniku k zefektivnění celé výroby a tím také rychleji přinášejí do podniku potřebné finanční prostředky. [1][2]

1.1 Typy plýtvání ve výrobě

Během výrobního procesu nejde vždy všechno tak hladce, jak by si podniky zřejmě představovaly a tak vznikají ztráty, které časově natahují a prodražují výrobní proces. Za ztrátu se považuje ta činnost, která výrobku nepřidává hodnotu. Japonská firma Toyota definovala 7 základních typů ztrát, se kterými se ve výrobě nejčastěji setkáváme. Tyto ztráty podnik nemůže zcela eliminovat, ale může je pomocí různých metod štíhlé výroby minimalizovat. [12]

Za sedm základních ztrát ve výrobě považujeme:

- nadprodukce – vyrábí se více výrobků daného typu, než požaduje zákazník,
- čekání – zde se řadí čekání na materiál, čekání na schválení činnosti od vedoucího, čekání na potřebné informace, porucha stroje apod.,
- transport (přeprava) – přeprava, která výrobku nepřidává hodnotu,
- pohyb – zbytečný pohyb pracovníků, který nepřidává hodnotu,
- neúčinné operace – jsou činnosti, které pracovník provádí, ale z hlediska zákazníka nepřidávají výrobku hodnotu,
- přezásobení – více zásob, než je aktuálně potřeba nebo nepotřebné zásoby,

- defekty (chyby) – výroba vadných výrobků, opravy, případně předělávky výrobků apod. [13][17]

Někdy se k těmto sedmi základním ztrátám ještě přiřazují další 2 ztráty, kterými jsou:

- vytváření nechtěného – vytváření výrobků a služeb, které nikdo nepotřebuje,
- nevyužití příležitostí – nevyužití potenciálu zaměstnanců a nevyužití tržních příležitostí. [17]

1.2 VSM – Mapování toku hodnot (Value Stream Mapping)

Předtím, než bude popsán samotný diagram VSM, je potřeba si ujasnit pojmy, které se při tvorbě VSM používají. Prvním z těchto pojmů je „přidaná hodnota“. Přidaná hodnota znamená jakoukoliv činnost, která se provádí na výrobku, a přitom se zvyšuje jeho stávající hodnota. Jako příklad může posloužit strojní operace frézování. Při této operaci se za přidanou hodnotu označuje taková činnost, kdy je nástroj v záběru, tzn., kdy fréza odebírá z obrobku třísku. Opakem přidané hodnoty je „nepřidaná hodnota“. Nepřidaná hodnota znamená jakoukoliv činnost, která se provádí na výrobku, ale není zvyšována jeho stávající hodnota. Tato činnost se ovšem musí vykonat, protože je činností nezbytnou, k dokončení výrobku. Jako příklad může opět posloužit frézování. Nepřidanou hodnotou zde může být nájezd a výjezd nástroje ze záběru (při neodebírání materiálu), upnutí nástroje, nastavení rezné rychlosti apod. Dalším pojmem je „ztráta“. Ztráta znamená jakoukoliv činnost, která se provádí na obrobku, ale není zvyšována jeho stávající hodnota a zároveň tato činnost není nutná k tomu, aby byl výrobek dokončen. Při operaci frézování, může být ztrátou například chůze pro nástroj, opakované seřizování stroje apod. [5][28]

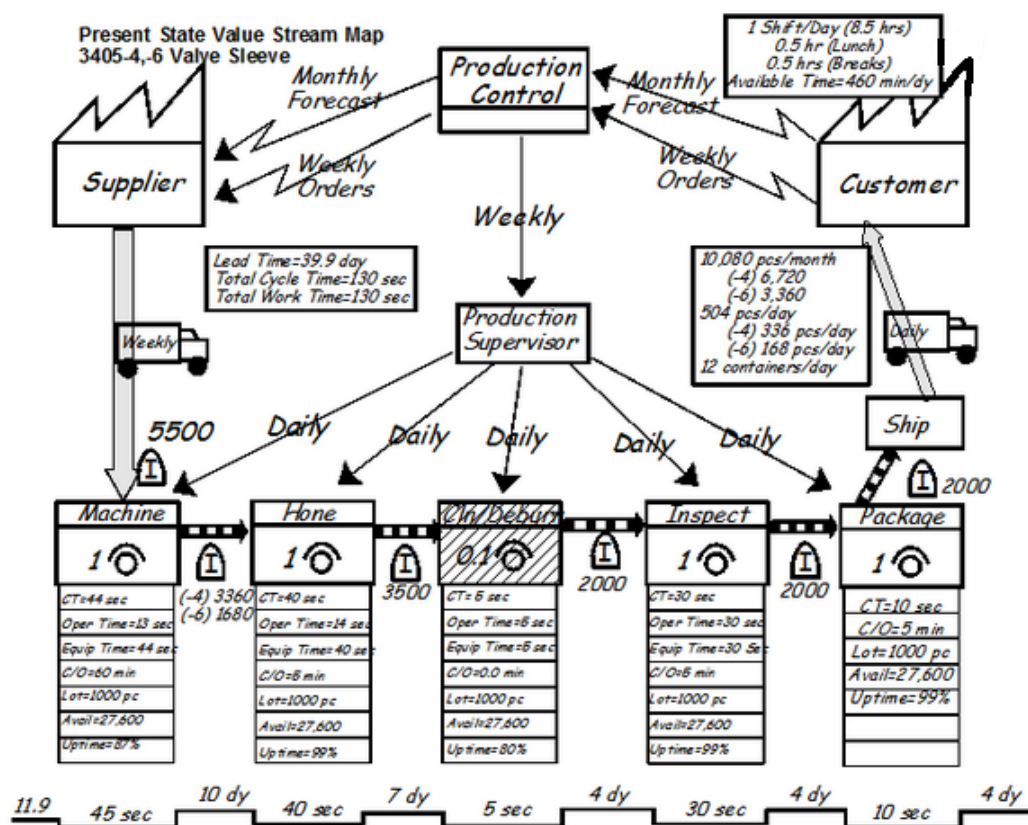
Nyní již může být vysvětlen samotný pojem VSM a všechny informace s ním související. „Value Stream Mapping“ znamená v překladu do češtiny „Mapování hodnotového toku“. Hodnotový tok zahrnuje všechny činnosti (přidané a nepřidané hodnoty), které je nutné provést, aby daný výrobek dostal svou konečnou podobu. Hodnotový tok se dělí na výrobní a konstrukční tok. Výrobním tokem se myslí celý proces od zpracování počátečních surovin až po předání hotového výrobku zákazníkovi. Konstrukčním tokem se myslí celkový návrh výrobku od počátečního konceptu až po zhotovení výrobku. Při zpracování této práce bude řešen především výrobní tok materiálu, to znamená mapování hodnotového toku od počátečního zpracování surového materiálu až po poslední operaci na daném výrobku a expedici zákazníkovi. VSM neukazuje pouze to, co se děje na jednotlivých pracovištích,

ale ukazuje celkový tok výrobku podnikem. Dále ukazuje zdroje plýtvání v hodnotovém toku, vazby mezi informačním a materiálovým tokem, množství zásob ve skladu, informace o pracovištích, kterými výrobek prochází a mnoho dalších potřebných informací. [5]

Konečným výstupem VSM je tedy diagram, který ukazuje veškeré informace o hodnotovém toku daného výrobku. Tvorba VSM probíhá postupně od selektování určitého typu výrobků až po zpracování všech informací o toku těchto výrobků výrobním systémem. V této práci bude diagram VSM sestaven na úrovni podniku (další typy VSM se mohou sestavovat na procesní úrovni, mezi vzájemně propojenými společnostmi, anebo napříč všemi společnostmi, kterými výrobek prochází). Prvním krokem je tedy vždy výběr určité skupiny výrobků, pro kterou bude VSM sestaveno. Po výběru následuje určení podniku, výrobního oddělení nebo skladu, ze kterého polotovary přicházejí. Dále v jakém množství a jak často přicházejí polotovary do podniku. Následuje určení množství výrobků (nebo nedokončené výrobky pro další zpracování), které z podniku zákazník odebírá a následně jak často tyto výrobky odebírá. Nyní je potřeba určit všechny pracoviště a operace, kterými výrobek prochází. K těmto operacím je nutno zapsat všechny dostupné informace, které pomohou zjistit co přesně a v jakém čase se na daném pracovišti odehrává. Mezi tyto informace se řadí: cyklový čas – čas, který přidává hodnotu výrobku; čas na změnu – čas, který je potřeba k seřízení stroje pro daný typ výrobku; využití stroje – poptávková dostupnost stroje (využití stroje podle poptávky zákazníka) udávající se v procentech; EPE – velikost výrobní dávky; počet operátorů na daném stroji; počet druhů výrobků (např. pravý a levý typ); velikost balení; pracovní čas – čas, kdy mohou pracovníci na stroji pracovat; zmetkovitost – kolik zmetků připadá na určitý počet kusů. [5]

Tyto informace podniky zapisují do VSM podle své potřeby, a proto není potřeba zapisovat vždy všechny informace, ale pouze ty, které jsou pro daný podnik důležité. Dalším krokem je určení zásob, které jsou před daným pracovištěm k dispozici a kolikadenní (kolikatýdenní nebo kolikaměsíční) zásoba to je. Nyní je potřeba určit všechny informační toky, které v tomto procesu probíhají. Tyto toky se rozdělují na obyčejné informační toky a elektronické informační toky. Informační toky zahrnují objednávky zákazníků, týdenní/měsíční výkazy o výrobě, předpovědi na další týdny/měsíce, týdenní/měsíční výrobní plán apod. Dalším krokem je sestavení časové linie mezi jednotlivými pracovišti. Na dolní úroveň časové linie se vepisují procesní (cyklové) časy na jednotlivých pracovištích a na horní úroveň časové linie se vepíše podíl, kde v čitateli je počet zásob před daným pracovištěm a ve jmenovateli pracovní čas, který je denně k dispozici. Součet hodnot na horní úrovni časové linie představuje čas průběžné doby výroby a součet hodnot na dolní úrovni časové linie pak

představuje čas přidané hodnoty na výrobku. Z těchto hodnot se pak vypočítá konečná PDV a index přidané hodnoty. Nakonec se může sestavit sumář všech důležitých informací, který se vkládá pod diagram. Tímto posledním je vytvořen konečný diagram VSM (viz Obr. 1). Značení, které se v diagramu VSM používá, je popsáno v Příloze č. 5. Vytvoření VSM je základním předpokladem pro zjištění všech nežádoucích činností a ztrát, které se uskutečňují během výrobního procesu. [5][28]



Obr. 1 – Konečný diagram VSM [18]

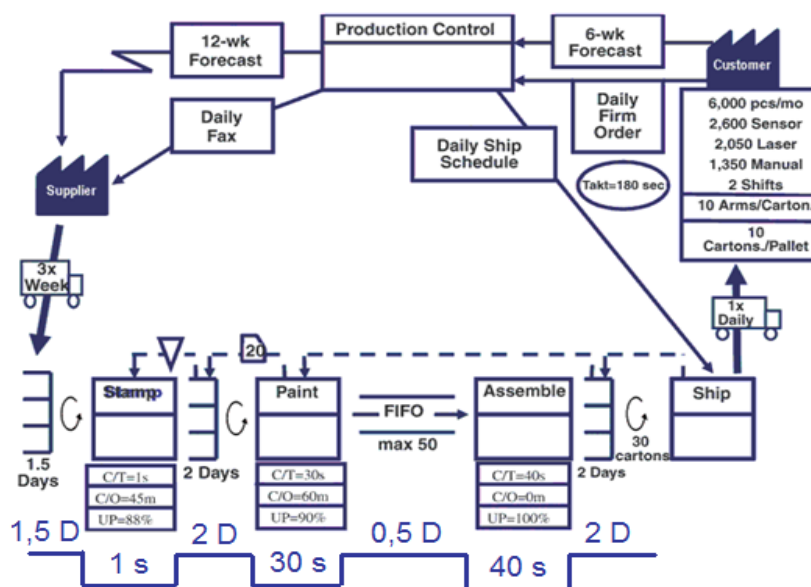
1.3 VSD – Návrh toku hodnot (Value Stream Design)

Diagram VSD se zabývá zjišťováním a odstraněním nežádoucích činností a ztrát, následným návrhem nového uspořádání a výrobní logistiky s cílem výrazně zvýšit hodnotu indexu přidané hodnoty a snížit průběžnou dobu výroby. V diagramu VSD se zavádí návrhy, které byly stanoveny v diagramu VSM, do výrobního procesu. Implementace těchto návrhů do diagramu VSD je značena pomocí smlouvaného značení. Při sestavování diagramu VSD se vychází především z diagramu VSM, a proto jsou si oba relativně velmi podobné. [28]

Postup sestavování se může provádět několika způsoby. Zde bude uveden jeden postup, který patří mezi nejčastěji používané. Výrobky a zákazník, který tyto výrobky

požaduje, zůstávají stejné jako u diagramu VSM, protože jsou výchozím bodem pro sestavení VSD. Následuje určení dodavatele, který bude dovážet polotovary pro zhotovení daných výrobků. Musí se určit jakým způsobem a v jakém množství budou polotovary do podniku dodávány a v jakém množství budou expedovány k zákazníkovi. Po stanovení těchto informací následuje určení informačních toků, kterými se bude výrobní proces řídit. Při určování těchto informačních toků se již musí brát ohled na návrhy, které byly provedeny ve VSM, protože mohou tyto toky ovlivňovat. Následovat bude nejdůležitější část v diagramu VSD, a to znázornění průběhu výrobního procesu, protože právě zde dochází oproti diagramu VSM k největším změnám. Všechny návrhy, které byly v diagramu VSM zaznamenány se musí nějakým způsobem projevit i v diagramu VSD. Po znázornění průběhu výrobního procesu se nakreslí pod jednotlivé operace časová linie, do které se vepisují data stejným způsobem jako u diagramu VSM. Když jsou všechna data v časové linii zaznamenána, provede se jejich součet (stejně jako v diagramu VSM), ze kterého se zjistí PDV a celkový procesní čas. Z těchto informací se pak vypočítá konečná PDV a index přidané hodnoty. Jak již bylo zmíněno výše, index přidané hodnoty by měl být vyšší a PDV by měla být nižší než v diagramu VSM. Nakonec se může provést sestavení všech důležitých informací z diagramu VSD, které se v celkovém sumáři vkládá pod diagram. [5][28]

Značení, které se zde používá je obdobné jako u diagramu VSM, pouze s tím rozdílem, že se zde používají specifické značky pro určitá opatření, která byla provedena. Značky, které se mohou v tomto diagramu vyskytnout, jsou znázorněny a popsány v Příloze č. 5. Příklad diagramu VSD je uveden na následujícím obrázku (viz Obr. 2). [5]



Obr. 2 – Konečný diagram VSD [26]

1.4 KAIZEN

Slovo KAIZEN pochází z japonštiny, tak jak většina pojmů z oblasti štihlé výroby. Toto slovo se dá rozdělit na 2 části, a to na KAI a ZEN. Slovo KAI znamená v japonštině *změna* a slovo ZEN znamená *lépe*. Čili když se složí tyto dvě slova dohromady, vznikne slovo KAIZEN, což v překladu do češtiny znamená „*změna k lepšímu*“. Ovšem není to pouze jednorázová změna k lepšímu, ale jedná se o proces trvalého zlepšování. Do tohoto procesu by pak měly být zapojeny všechny subjekty v podniku. Cílem je tedy zefektivnit co nejvíce celý výrobní proces a to především tím, že se budou všichni zaměstnanci podniku snažit o to, aby práce, kterou provádějí, byla efektivnější. Konkrétně se pak jedná především o úsporu nákladů, času, materiálu a zaměstnanců při současném stavu, dále pak zvyšování kvality, spolehlivosti procesů, produktivity práce a v neposlední řadě je jedním z hlavních cílů také motivovat zaměstnance k tomu, aby byli nápomocni ke zlepšování chodu podniku. [2][27]

Zaměstnanci, kteří se chtějí zapojit do procesu trvalého zlepšování, tedy musí definovat přesně problém, který nastal, poté musí vymyslet a naplánovat všechny potřebné činnosti k jeho eliminaci a následně musí tyto činnosti a opatření realizovat tak, aby byl v konečném důsledku, problém odstraněn. Nakonec se musí všechna tato opatření vyhodnotit, tzn. určit, jak moc byly úspěšné nebo neúspěšné a popřípadě je nějakým způsobem upravit.

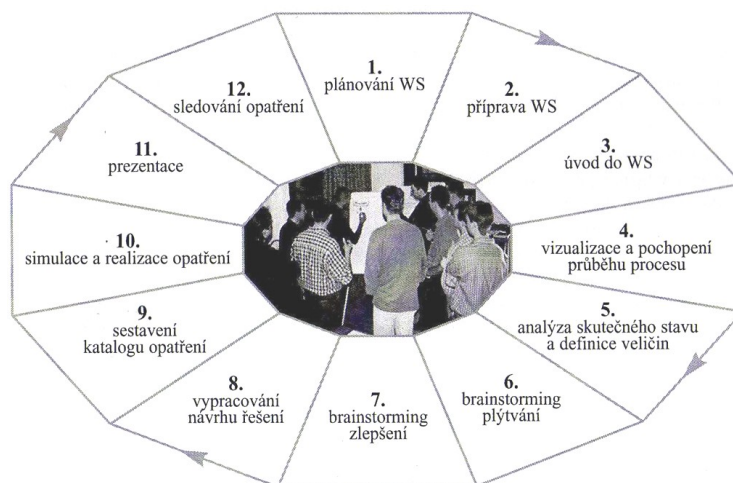
Zásady, které je třeba dodržovat pro to, aby mohly být všechny problémy úspěšně eliminovány, jsou následující:

- každému návrhu na zlepšení musí být věnována pozornost,
- všechny návrhy musí být pečlivě analyzovány,
- upřednostňovat práci v týmu před prací jednotlivců,
- řešit problémy pravidelným konzultováním se členy týmu,
- podpora od vrcholového managementu firmy,
- správná komunikace mezi členy týmu i vrcholovým managementem,
- motivace a odměňování zaměstnanců,
- podporovat především ty zlepšení, které nevyžadují investice. [27]

Systém KAIZEN se může používat v každé firmě a to doslova, protože pro tento systém neexistují téměř žádná omezení. KAIZEN může být uplatňován nejen ve firmě, ale i v osobním životě, protože vždy, když chce někdo začít používat tento systém, měl by začít nejprve sám u sebe. Tento systém se může začít používat prakticky okamžitě, protože není třeba žádných plánů a analýz k tomu, aby například

zaměstnanci začali zlepšovat svou vlastní činnost například tím, že budou do práce chodit vždy včas, nebudou chodit každou hodinu na toaletu, nebudou se příliš zdržovat na obědě a určitě existuje ještě mnoho dalších činností, kterými se může zlepšit chod firmy jen tím, že její zaměstnanci zlepší svou pracovní morálku. [2]

Zvláštním typem systému KAIZEN je tzv. workshopové zlepšování, kdy se problémy řeší v rámci několika workshopů, které jsou plánovány v různých etapách řešení dané situace. Za vyřešení určité situace je zodpovědný promotor, což je vedoucí pracovník dané oblasti. Usměrnovat členy týmu k tomu, aby bylo řešení problému co nejefektivnější má za úkol moderátor. Toto zlepšování pomocí workshopů má obvykle lepší výsledky, protože jsou všichni pracovníci z dané oblasti součástí těchto workshopů a mohou tak každý přispět ke konečnému řešení. V současné době se ve většině podniků používá především právě tento systém zlepšování. Postup při řešení určitých problémů pomocí workshopů je schematicky znázorněn na následujícím obrázku (viz Obr. 3). [2]



Obr. 3 – Uplatňování systému KAIZEN pomocí workshopu [2]

1.5 KANBAN

Tento výrobní systém, původem z Japonska, znamená v překladu do japonštiny signální štítek nebo kartička a především na principu kanbanových karet je tento systém založen. V tomto výrobním systému je uplatňován systém tahu (pull system), což znamená, že jednotlivé výrobky jsou podle potřeby vtahovány na pracoviště a tam je s nimi podle potřeby dále nakládáno. To, aby byly výrobky na pracoviště vtahovány, bude zajištěno tak, že nebudou žádné zásoby nedokončené výroby a bude se vyrábět jen tolik součástí, kolik je právě potřeba. Také by měl vzniknout lepší přehled o stavu výroby a důležitá je zde i úspora přepravních nákladů. Principem je to, že se na celém pracovišti zavede vztah *zákazník* \Rightarrow *dodavatel*. To znamená,

že podle potřeby zákazníka jsou uvolňovány výrobky dodavatelem. To vše se děje za pomoci již zmíněných kanbanových karet, které se přemisťují společně s výrobky, přičemž je zde jasný přehled o stavu výrobků na jednotlivých pracovištích. Na těchto pracovištích jsou zavedeny kanbanové tabule, kde dodavatel přebírá od zákazníka požadavek na daný typ výrobku a jeho množství, které jsou právě zapotřebí. [27]

Zásady, které musíme u systému KANBAN dodržovat jsou následující:

- dodavatel musí zákazníkovi předat přesně takový typ a takové množství výrobku, jaké jsou uvedeny na kanbanové kartě,
- dodavatel nesmí zákazníkovi odeslat výrobky bez obdržení požadavku,
- pokud zákazník obdrží od dodavatele nesprávný typ, nesprávné množství výrobků nebo poškozené výrobky musí se výroba okamžitě zastavit a sjednat náprava,
- výrobky musí být přemisťovány pouze s kanbanovými kartami v typizovaných kontejnerech či paletách,
- cesty všech kontejnerů či palet musejí být fixní,
- všechny dodávky a přebírky výrobků musí doprovázet kanbanové karty,
- pokud zákazník neobdrží výrobek s kanbanovou kartou, nesmí dále vyrábět,
- při nedodržení výše uvedených pravidel nebude KANBAN systém účinný a může přinést spíše ztrátu než zisk. [14][27][28]

Výrobní systém KANBAN se realizuje hlavně ve velkosériové výrobě, kde mají ustálený odběr výrobků. V malosériové nebo kusové výrobě není systém KANBAN tak účinný, protože zde dochází k častým požadavkům na změnu konečného výrobku. Princip systému KANBAN je znázorněn v Příloze č. 10. Příklad systému KANBAN v konkrétním podniku je znázorněn na následujícím obrázku (viz Obr. 4). [29]



Obr. 4 – Příklad KANBAN systému [15]

1.6 Just-In-Time

Tento typ výrobního systému, jako jeden z mála nástrojů štíhlé výroby, nevznikl v Japonsku, ale v USA. Základním cílem této metody je vyrábět jen to, co je nezbytně nutné s co nejnižšími náklady, v co možná nejkratším čase. Hlavním požadavkem na tuto metodu je to, aby dané pracoviště vyrábělo výrobky v pravidelném intervalu pro navazující pracoviště. Jedině tak je možno dosáhnout požadovaného rytmu a nebudou vznikat žádné prostoje a přebytečné zásoby, což je mimochodem taky jeden z hlavních cílů této metody. V tomto výrobním systému je uplatňován systém tlaku (push system), kdy se objednávky řídí plánem a nemůže se tak operativně reagovat na požadavky zákazníka. Metoda Just-In-Time se používá především ve strojírenství, nejvíce pak v automobilovém průmyslu, protože právě zde je výrobní systém řízený určitým plánem. Tato metoda se uplatňuje v celém výrobním procesu, tzn. od objednávky zákazníka až po odeslání hotového výrobku. [2]

Pro použití této metody je potřeba splnit následující podmínky:

- výrobky a polotovary musí mít stoprocentní kvalitu,
- snižování velikosti výrobních dávek,
- rovnoměrné využívání kapacit,
- použití skupinové technologie,
- zavedení systému řízení jakosti a zavedení týmové práce. [2][27]

Po aplikaci této metody do výrobního procesu by mělo být docíleno vyrábění správných výrobků v odpovídající kvalitě ve správném množství a v odpovídajícím čase. Když to podnik dokáže, měl by dosáhnout následujícího:

- nulová zmetkovitost u výrobků,
- žádná přebytečná manipulace,
- rovnoměrné vytěžování pracovišť,
- nulové časy dodávky, dávky po jednom kuse. [27]

Jak metoda KANBAN, tak metoda Just-In-Time mají v zásadě společný cíl, kterým je dodávat zboží zákazníkům v požadovaném množství, kvalitě a především v co nejkratším čase.

1.7 One piece flow

One piece flow v překladu do češtiny znamená jednokusový tok a princip této metody štíhlé výroby je poměrně jednoduchý. Je to způsob výroby, při kterém výrobek

přechází plynule z jedné operace na druhou (většinou v lince) a nemusí čekat na dokončení ostatních výrobků. V daný časový okamžik je tedy vyráběn na příslušné operaci pouze jeden výrobek, který je ihned po dokončení dané operace předán na operaci následující. Protikladem toku jednoho kusu je výroba v dávkách. Pro dosažení jednokusového toku je potřeba zajistit vysoce způsobilý proces, čili mít stabilní produkci dobrých kusů. Dále je potřeba mít vysoce opakovatelný proces, kdy cyklové časy strojů pro opracování výrobků musí být totožné, popřípadě s minimálními odchylkami. A v neposlední řadě je potřeba mít vysoce spolehlivé zařízení (snažíme se dosáhnout 100% spolehlivosti), které eliminuje výrobu zmetků. [16][17]

Přínosy, které budou získány jednokusovým tokem, jsou následující:

- snížení rozpracovanosti výroby,
- snížení průběžné doby výroby,
- rychlejší identifikace nekvality,
- redukce výrobních ploch,
- identifikace úzkého místa v procesu. [16]

Rozdíl mezi výrobou v dávkách a výrobou po jednom kuse je znázorněno na následujícím obrázku (viz Obr. 5).



Obr. 5 – Rozdíl mezi výrobou v dávkách a výrobou po jednom kuse [17]

1.8 Metoda 5S

Tato metoda, používaná ve štíhlých podnicích, opět pochází z Japonska. Konkrétně ji vyvinula Toyota v rámci jejího výrobního systému „Toyota Production System“. Jedná se o metodu, kdy se zařizuje pracoviště tak, aby co nejvíce usnadňovalo práci zaměstnanci, který zde pracuje. Jedná se především o zavedení jakéhosi řádu na daném pracovišti, aby pracovník nemusel hledat nástroje, chodit pro nářadí, hledat podklady pro daný výrobek apod. Název Metody 5S označuje pět základních kroků k tomu, aby dané pracoviště bylo účelně zařízeno. [19][20]

- 1. krok – SEIRI (odstranit, uklidit, vytřídit),
- 2. krok – SEITON (seřadit, zařadit, srovnat),
- 3. krok – SEISO (vyčistit),
- 4. krok – SEIKETSU (standardizovat),
- 5. krok – SHITSUKE (údržba a rozvoj standardu). [17][19]

Nyní budou podrobněji popsány jednotlivé kroky Metody 5S:

SEIRI – nejprve je potřeba provést analýzu výrobního procesu a stanovení pomůcek, které jsou pro daný výrobní proces potřeba. Poté následuje kontrola pracoviště a odstranění všech pomůcek a nástrojů, které k danému výrobnímu procesu nejsou potřeba.

SEITON – u každého předmětu, který se u daného výrobního procesu používá, je třeba určit četnost jeho používání a poté určit místo, kde se na pracovišti bude nacházet. Předměty, které mají vyšší četnost, budou umístěny blíže k pracovišti a předměty, které mají nižší četnost používání, budou umístěny dále od pracoviště.

SEISO – všechny používané předměty musí být pravidelně očišťovány, aby nedocházelo k poškození výrobku. Cílem je bezpečnost a zjednodušení údržby. Stanoví se pravidelné intervaly, kdy se budou předměty čistit a ty musí být dodržovány.

SEIKETSU – v tomto kroku se musí definovat jasná a srozumitelná pravidla, kterým budou všichni pracovníci rozumět a budou je dodržovat. Všechny předměty mají svá místa, kde musí být vždy odkládány. Tyto místa mohou být viditelně označeny (například barevnou páskou, šipkami, apod.).

SHITSUKE – všechny úpravy a pravidla zavedené na pracovišti se musí dodržovat a respektovat. Provádí se zde kontroly udržování standardu na pracovišti. Pokud je to možné, můžou se daná pravidla ještě vylepšovat. [20][28]

Při použití a dodržování pravidel této metody je možno docílit snadnější orientace na pracovišti a snadnější přístup ke všem potřebným pomůckám. Jako příklad je zde uveden obrázek pracoviště před použitím Metody 5S a po jejím použití (viz Obr. 6).

5S in Your Office



← **Before 5S...**

After 5S...

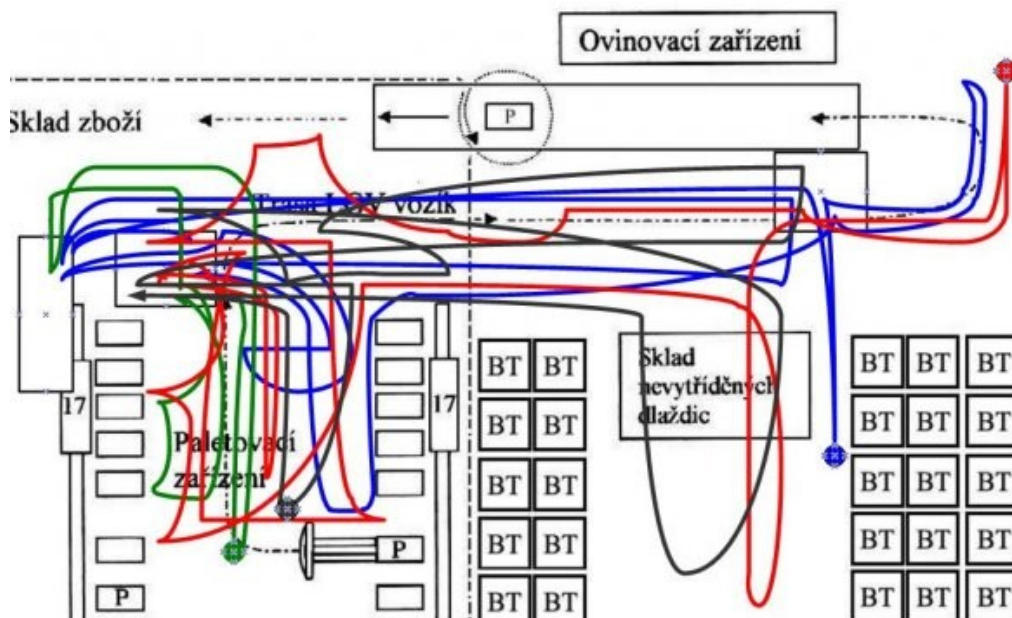


Obr. 6 – Změna na pracovišti po použití Metody 5S [21]

1.9 Spaghetti diagram

Tento diagram se používá právě tehdy, když je v podniku potřeba uspořít množství času tím, že se bude upravovat stávající layout neboli náskres daného pracoviště. Diagram zobrazuje pohyb pracovníka po pracovišti v určitém časovém období, přičemž se tím může odhalit, kde všude se pracovník pohybuje během směny a jaké jsou jeho zbytečné pohyby mimo pracoviště. Název „Spaghetti“ je odvozen od skutečnosti, že pohyby pracovníků na pracovišti se zobrazují čarami, které se během daného časového období natahují a v konečném důsledku vypadají jako špagety. Zpracování tohoto diagramu je vhodným podkladem pro re-layout pracoviště. Re-layout pracoviště znamená přestavění strojů a všech potřebných pomůcek na pracovišti tak, aby byly omezeny zbytečné pohyby pracovníka na minimum a proběhlo tak zefektivnění celé výroby. Na následujícím obrázku je znázorněn pohyb tří pracovníků na daném pracovišti (viz Obr. 7). Spaghetti diagram se ovšem nemusí zhotovovat pouze pro pohyby pracovníků, ale může se sestavovat

také pro pohyb výrobků po daném pracovišti nebo podniku během celého výrobního procesu. Po sestavení tohoto diagramu se pak zjistí, jakou dráhu výrobek urazil během výrobního procesu. Dle tohoto diagramu pak mohou být provedena příslušná opatření pro re-layout pracoviště nebo re-layout celé dílny, či podniku. [22][28]

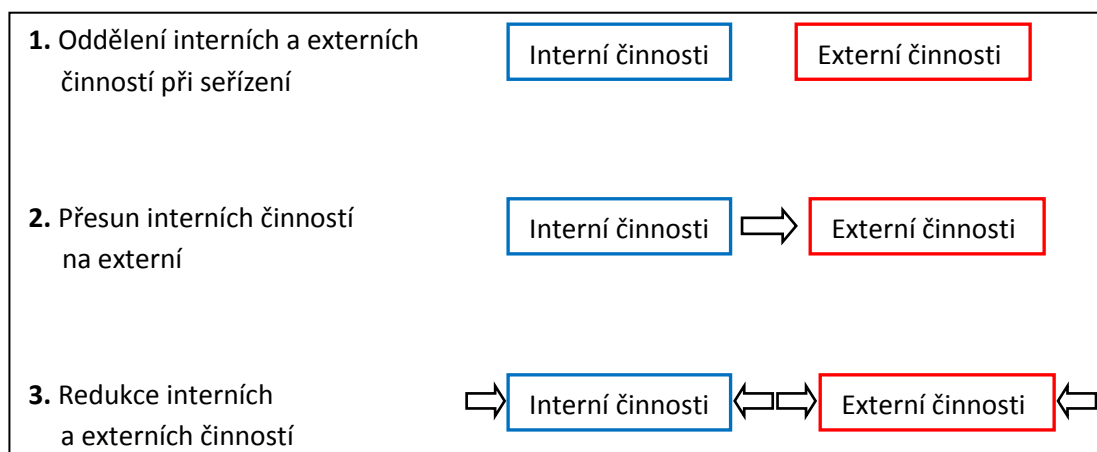


Obr. 7 – Spaghetti diagram pohybu tří pracovníků po pracovišti [22]

1.10 SMED – Seřízení během minuty (Single Minute Exchange of Die)

Slovní spojení SMED bylo složeno samozřejmě s nadsázkou, protože u některých složitých operací je nemožné vyměnit nástroj během minuty. V zásadě tento systém usiluje o to, aby se rapidně zkrátila výměna nástroje a seřízení stroje během výrobního procesu. Tím se pak velmi výrazně zvýší efektivita výrobního procesu. Základním kamenem je zde analýza výrobního procesu. Ta může být provedena například tím, že pověřená osoba půjde do výroby na dané pracoviště a bude si zapisovat všechny činnosti, které pracovník vykonává a hlavně jak dlouho tyto činnosti trvají. Cílem tohoto systému je převést co možná nejvíce interních činností do externích. Za interní činnosti považujeme ty, které se vykonávají, když stroj stojí. Externí činnosti jsou pak ty, které se vykonávají za chodu stroje. Interní činnosti, které se snažíme převést do externích, jsou zejména hledání nástrojů, přípravků, podkladů, čekání na materiál nebo jeřáb, chůze pro materiál, výkresy a v neposlední řadě nastavování nástrojů, měřidel apod. Po analýze následuje návrh řešení, tedy přemístění nástrojů blíže k pracovišti, změna technologie atd. Následně jsou tyto navržené postupy zavedeny do výroby a probíhá sledování toho, jak se změní časy, potřebné k seřízení a kolik

času bylo celkově uspořeno. Vhodná opatření se poté standardizují prostřednictvím toho, že se změní návod na změnu nástrojů a seřízení strojů. Tento nový návod by měl pak být prezentován odpovědným pracovníkům prostřednictvím porady nebo workshopu. Celý postup systému SMED pak v zásadě může být shrnut do tří základních kroků (viz Obr. 8). [23][24]



Obr. 8 – Základní kroky systému SMED [24]

Praktická část

2 Charakteristika firmy TATRA, a.s.

Ještě dříve, než zde bude uvedena stručná historie a současný výrobní program firmy, je třeba si uvědomit, že TATRA, a.s. je druhou nejstarší automobilkou na světě a že tento podnik vyrábí vozidla již více než půl druhého století, což je v dnešní konkurenci na trhu s nákladními vozidly opravdu obdivuhodné.

Samotný podnik byl založen v roce 1850 v Kopřivnici (v tehdejší době Nesselsdorf) živnostníkem Ignácem Šustalou, který spolu se dvěma tovaryši započal v Kopřivnici výrobu kočárů a drožek. Oficiálně pak v roce 1858 vznikla spojením s Adolfem Raškou firma Schustala & Comp. Postupem let firma stále vyráběla kočáry a přitom se mírně rozrůstala. To trvalo až do roku 1891, kdy firmu kapitalizovali bratři Guttmanové a po smrti Ignáce Šustaly se stal vedoucím pracovníkem Hugo Fischer von Röslerstamm, pod jehož vedením kvetla v Kopřivnici především výroba železničních vagónů. V té době firma nesla název Nesselsdorfer Wagenbau Fabriks Gesellschaft (viz Obr. 9). [7][8]



Obr. 9 – Plakát továrny TATRA na konci 19. stol. [6]

Inženýr Hugo Fischer von Röslerstamm se svým myšlením výraznou měrou zasloužil o vznik prvního automobilu v této firmě. Ovšem kdyby nebylo továrníka barona Theodora von Liebiega a jeho přátelství s Karlem Benzem, který dodal spalovací motor, tak by tento automobil pracovníci sestavit nemohli. A tak především díky těmto třem továrníkům se roku 1897 podařilo v Kopřivnici vyrobit první osobní automobil ve střední Evropě zvaný Präsident (viz Obr. 10). O rok později, tj. v roce 1898, následovalo vyrobení prvního nákladního automobilu v Kopřivnici. [8]



Obr. 10 – Osobní automobil Präsident [9]

Dalším milníkem je rok 1914, kdy se v Kopřivnici začaly sériově vyrábět nákladní vozidla typu NW-TL2 a NW-TL4. A o pět let později se na těchto vozidlech poprvé začal objevovat nápis TATRA. To bylo v době, kdy významný konstruktér v historii firmy Hans Ledwinka přišel s „tatrováckou koncepcí automobilu“ tzn. podvozkem tvořeným centrální nosnou rourou s nezávisle uloženými výkyvnými poloosami, na jejímž předním konci byl umístěn vzduchem přímo chlazený motor a převodovka. Mezitím v roce 1918 se firma přejmenovala na Kopřivnická vozovka, a.s. (Nesselsdorfer Wagenbau, a.s.). [7][8]

Následná dlouhá léta firma udivovala svou „tatrováckou koncepcí automobilu“. V roce 1934 se firma rozrostla o další oddělení, které se zabývalo výrobou leteckých součástek a o rok později začala TATRA vyrábět dokonce první trolejbus a speciální rychlíkový železniční vůz zvaný „Slovenská strela“. V roce 1936 se firma velmi sblížila s pražským magnátem a tak se opět přejmenovala na Ringhoffer TATRA, a.s. O dva roky později byla však znovu přejmenována na Ringhoffer TATRA Werke A.G. [8]

Po roce 1945 se konečně Tatra stala ryze českou firmou a tak vznikl národní podnik s názvem TATRA. Projektanti a konstruktéři vytvořili vynikající nákladní vůz Tatra 111, který se vyráběl v Československu až do roku 1962. Tento vůz má mimochodem, jako jediný nákladní vůz na světě svůj pomník, který mu nechali

postavit jeho vděční uživatelé. V roce 1951 TATRA zrušila výrobu železničních vozidel a začala se specializovat pouze na automobilovou výrobu. Dalšími vynikajícími nákladními automobily, které se začaly sériově vyrábět, byly Tatra 138 a Tatra 148. Všechny automobily, které se v TATŘE v té době vyráběly, byly na tehdejší poměry konstrukčně na velmi vysoké úrovni a udělaly z Kopřivnické továrny vysoce konkurenceschopnou automobilku. [7][8]

Na konci šedesátých let dvacátého století přišla TATRA s dalším modelem T 813 a pokračovala výroba typu T 148. V roce 1982 byl vyroben stotisíc kus nákladního automobilu T 148. Poté pak představila sjednocení těchto modelových řad (T 813 a T 148) v typu Tatra 815 (viz Obr. 11). Několik vylepšení v rámci výroby těchto modelů vedlo k tomu, že se výkon Tetry 815 dostal až na 325 kW maximálního výkonu a 2100 N.m točivého momentu. V roce 1971 se výroba v Tatře začala specializovat pouze na nákladní vozidla a tak byla v roce 1975 ukončena výroba velmi oblíbeného osobního vozidla T 603. [7][8]



Obr. 11 – Tatra 815 [10]

Změna strategie po roce 1989, kdy se vyrábělo podle projektu LIWA, přinesla orientaci pouze na jedinou modelovou řadu, což s sebou neslo horší rozvoj obchodu. Poté ovšem přišla zakázka od Spojených arabských emirátů k odběru vozidel v počtu 1127, které se vyrobily a prodaly během osmnácti měsíců, což s sebou neslo mimo jiné také vznik nových řad typu ARMAX a FORCE. Mezitím se v roce 1992 zřídila akciová společnost s názvem TATRA, a.s., přičemž tento název se používá i v současné době. V roce 1997 byla také úplně zrušena výroba osobních automobilů a to vyrobením poslední modifikace typu T 700. Řada ARMAX vycházela z produkce

typu T 815-2, která přijala pojmenování TERRN°1 a tzv. militarizací připravovala vozidla vhodná pro použití ve speciálních službách. Řada speciálů FORCE stavěla na možnostech zabudování motorů a převodovek cizího původu do originální „tatrovácké koncepce automobilu“. [8]

Od roku 2000 vyráběla TATRA vlastní motory s emisní specifikací EURO 3 až EURO 5, což jsou motory přímo chlazené vzduchem, které se postupně stále vyvíjely a byly do nich přidávány nové prvky. V roce 2002 firma zakoupila práva na výrobu vojenských vozidel, které v různých modifikacích vyrábí dodnes. Některá tato vojenská vozidla se dočkala i civilní modifikace. [8]

V současné době se výrobní program TATRY orientuje na civilní modelovou řadu TATRA TERRN°1 Facelift s modely v provedení podvozku 4x4, 6x6 a 8x8 využívající všechny moderní konstrukční prvky TATRA. Těžké nákladní vozidla zastupují typy JAMAL a vojenská vozidla FORCE a ARMAX. V roce 2011 vstoupila do firmy společnost DAF, která začala TATŘE dovážet jak motory, tak kabiny a tak vznikl nový typ civilního vozidla s názvem Phoenix (viz Obr. 12), který je tedy složen z motoru (vodou chlazený motor) a kabiny od DAFu a „tatrováckého“ podvozku. Takže na tento typ vyrábí TATRA pouze podvozek a na ostatní vojenská vozidla vyrábí i kabiny a motory. S další novinkou přišli konstruktéři a vývojáři v TATŘE nedávno, když z vojenského speciálu T 815-7 dokázali s minimálními úpravami vyrobit speciál pro hasiče, který byl okamžitě uveden na trh, přičemž několik kusů je již prodáno. Také nesmíme opomenout automobil střední terénní třídy T 810, který má jako jediný ze současného výrobního programu pevné (nevýkyvné) nápravy. [7][8][28]



Obr. 12 – Tatra Phoenix [11]

3 Popis pracoviště a výrobního procesu

Pracoviště, které bude důležitým místem ke zmapování současného stavu, je „U-linka“, na které se vyrábí 34 typově podobných dílců. Slovo U-linka je v uvozovkách proto, že zatím se na tomto pracovišti vyrábí v nepravidelných dávkách a proto zatím nemůže být označeno jako U-linka, kterou se toto pracoviště stane později, když se zde zavede tok materiálu po jednom kuse ze stroje na stroj. Ale o tom později. U-linka se pracovišti říká proto, že stroje, které jsou zde umístěny, jsou podle půdorysu postaveny do tvaru písmene „U“. Prvním strojem, který se na tomto pracovišti nachází je poloautomatický soustruh SPT 16 NC (viz Obr. 13). Druhým, už poněkud novějším strojem, je poloautomatický soustruh SPT 16 CNC (viz Obr. 14), a třetím strojem je frézka FW 315/6 (viz Obr. 15). Obrobky se většinou nejprve obrábějí na NC soustruhu, ze kterého pak v určitých dávkách přecházejí na CNC soustruh, a nakonec se na frézce do obrobků frézují drážky. Tento postup platí pro součásti, které se obrábějí na všech třech strojích. Pro součásti, které se obrábějí pouze na soustruzích, platí opět to, že nejprve jdou na NC soustruh a až poté na CNC soustruh. Většina obrobků se pak odváží na zámečnické pracoviště a do konzervačního zařízení. Obrobky, které nemají v technologickém postupu uvedeno opracování na zámečnickém pracovišti, se odváží přímo ke konzervačnímu zařízení, odkud se po „vyprání“ odváží na montáž náprav.



Obr. 13 – Poloautomatický soustruh SPT 16 NC

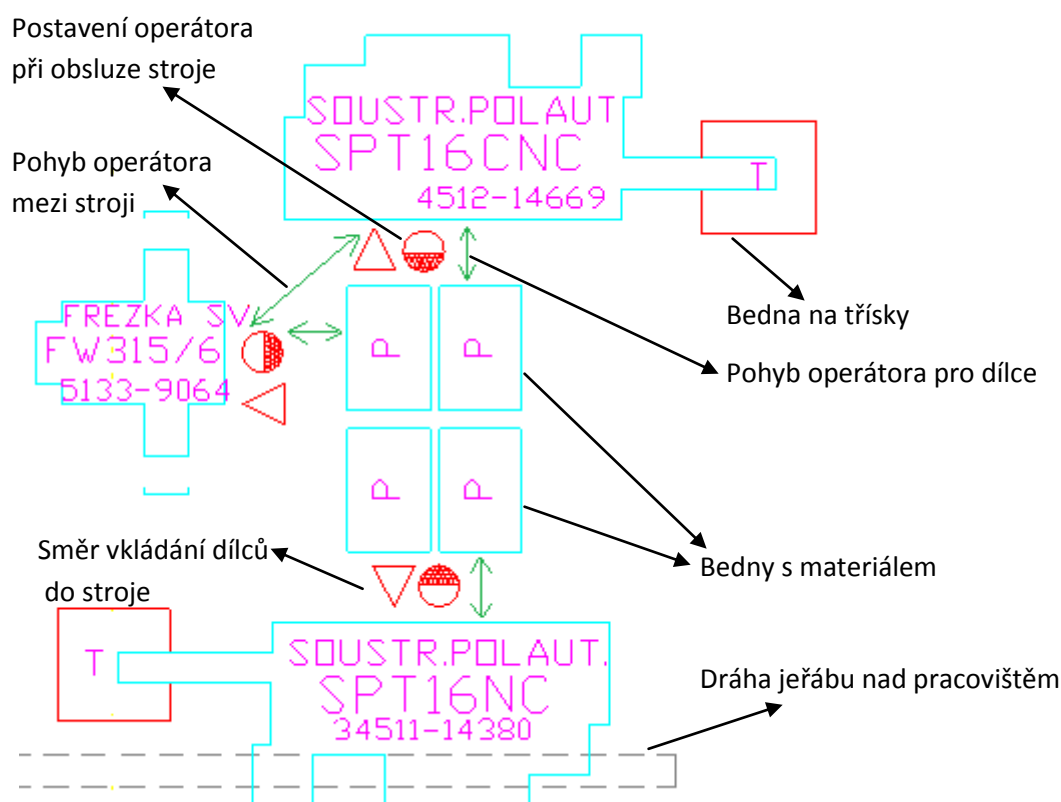


Obr. 14 – Poloautomatický soustruh SPT 16 CNC



Obr. 15 – Frézka FW 315/6

Jak již bylo zmíněno výše, na tomto pracovišti se vyrábí 34 typově podobných dílců. Za současného stavu se vyrábí v nepravidelných dávkách, a proto je potřeba mít na pracovišti zásoby nedokončené výroby. Vyřešeno je to tak, že bedny s materiálem jsou umístěny mezi stroji a z těchto beden si pracovníci berou dílce dle potřeby (většinou v nepravidelných dávkách). Tři výše zmíněné stroje obsluhují 2 operátoři, kteří po většinu času pracují na soustruzích. Když mají dostatečný počet zásob, jeden z operátorů (obvykle ten, co obsluhuje CNC soustruh) upne určitý počet dílců na frézku, spustí automatický posuv a nechá jej běžet. Půdorys pracoviště a pohyb jednotlivých operátorů je zaznačen na následujícím obrázku (viz Obr. 16).



Obr. 16 – Půdorys pracoviště a pohyby operátorů [28]

Sortiment výrobků vyrábějících se na této „U-lince“ je poměrně široký. Vyrábějí se zde rozpěrné kroužky, matice se zářezy, příložky atd. Všechny tyto dílce jsou ovšem technologicky podobné, a proto se také vyrábějí na stejné U-lince. Jako představitel, u kterého bude popisován výrobní postup, byla zvolena matice se zářezy typu 442 0 2087 016 4, jejíž výrobní výkres je dodán v Příloze č. 2. Je to matice, která se na dané U-lince opracovává na všech třech strojích, a proto je také vhodná pro názornou ukázkou. Technologický postup výroby této matice je přiložen k nahlédnutí v Příloze č. 1. Na následujících čtyřech obrázcích budou pouze znázorněny změny, které budou na matici patrné, po opracování jedním ze strojů. [28]



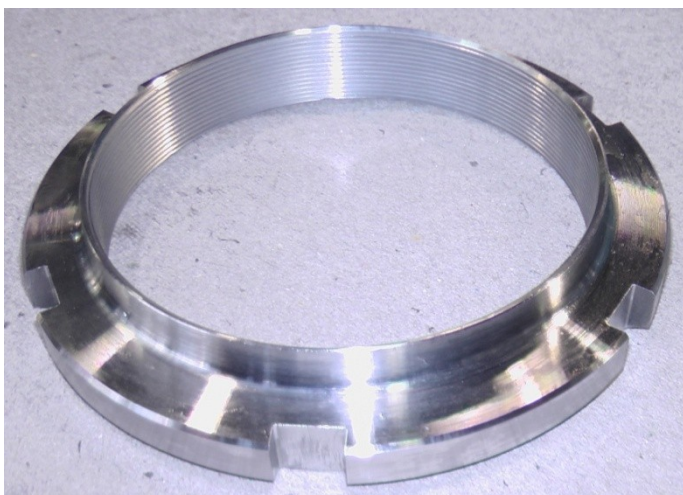
Obr. 17 – Výkovek, ze kterého vznikne matice



Obr. 18 – Matice po opracování na 1. stroji (NC soustruh)



Obr. 19 – Matice po opracování na 2. stroji (CNC soustruh)



Obr. 20 – Matice po opracování na 3. stroji (Frézka)

Po opracování dílců na jednotlivých strojích, se pravidelně provádí jejich kontrola. Většinou se jedná o každý pátý kus. Pokud má pracovník k dispozici časovou rezervu, provádí kontrolu každého kusu. Kontrola se provádí posuvným měřidlem, ale především dvěma závitovými trny, z nichž dobrý kalibr (viz Obr. 21) musí jít našroubovat na závit a zmetkový kalibr nesmí jít našroubovat. Jako dodatečná kontrola se ještě používá kontrola závitu plochým kalibrem (viz Obr. 22), kde dobrá strana kalibru musí jít vsunout do matice a zmetková strana nesmí jít vsunout do matice.



Obr. 21 – Závitový trn DOBRÝ



Obr. 22 – Plochý závitový kalibr

Další operace na matici se provádějí v zámečnické dílně, kde se odstraňují otřepy vzniklé obráběním na soustruzích a frézce. Pracovník na zámečnickém pracovišti také vyrazí na obrobek ochranný znak z důvodu snadnější identifikace výrobku. Následně se matice konzervuje (pere) v pračce (viz Obr. 23). Obrobky se konzervují, protože musí být očištěny a odmaštěny od nečistot, které se na nich usadily během

předcházejících operací. Určitý počet obrobků (záleží na jejich typu) se uloží na pojíždějící rošt pračky (viz Obr. 24) a uzavře se víko pračky. Následuje proces konzervace, kdy se všechny obrobky očistí a po ukončení tohoto procesu se stávají dokončenými výrobky, které se odvezou do objektu, kde se provádí montáž náprav, vzdáleného 800 m.



Obr. 23 – Konzervační zařízení (pračka) DOS 2/A



Obr. 24 – Pojíždějící rošt pračky

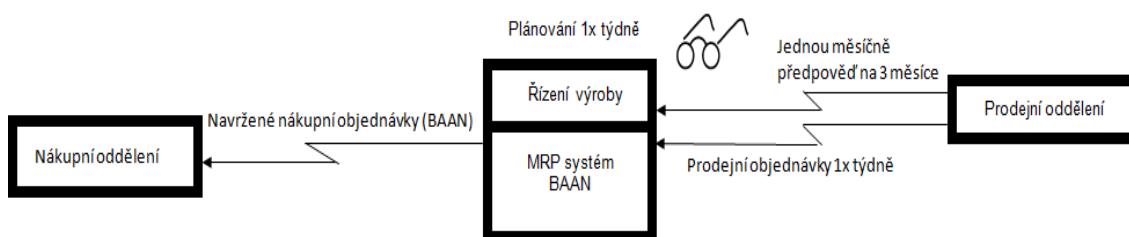
4 Zmapování současného stavu

Mapování současného stavu výrobního procesu bude provedeno pomocí hlavního nástroje, kterým je VSM, přičemž doplňujícím nástrojem bude Spaghetti diagram. Postupně je zapotřebí zjistit všechny potřebné informace z výrobního procesu a ty pak zaznamenat do výstupního diagramu VSM. Je potřeba říct, že diagram VSM bude sestavován pro jednoho představitele z typově podobných dílců, vyrábějících se na dané U-lince. Jako představitele pro znázornění toku materiálu a toku informací v diagramu VSM byla zvolena matici se zářezy typu 442 0 2087 016 4 (již zmíněna v předchozí kapitole).

4.1 Vytvoření diagramu VSM

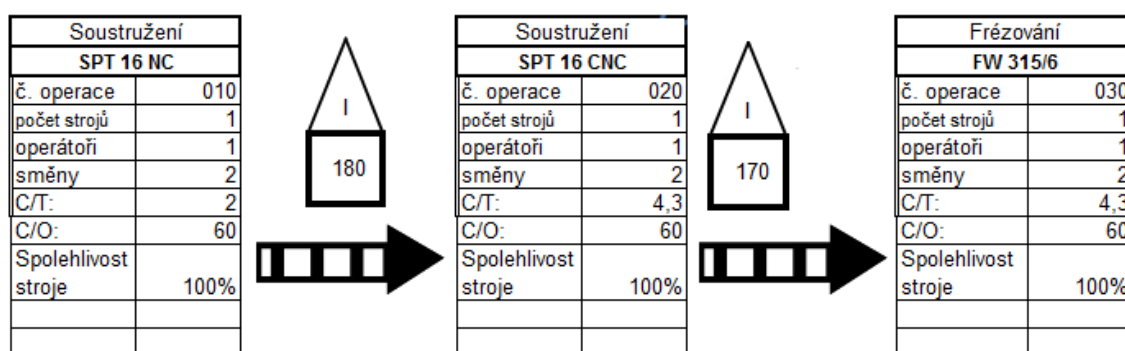
Nejprve je potřeba zjistit, jak v podniku probíhají informační toky, tzn. jak často, kolik, co a v jakém množství zákazník objednává, jak probíhá plánování výroby, atd. Tyto informace byly dodány z podniku TATRA, a.s. Všechny informační toky, které v podniku probíhají, jsou znázorněny v celkovém diagramu VSM, který je uveden v Příloze č. 3. Na následujícím obrázku je znázorněn pouze výřez z celkových informačních toků (viz Obr. 25). Důležité je také říct, že podnik nevyrábí operativně dle požadavků zákazníka, ale má určitý plán na jeden rok a podle něj se všechny dílce vyrábí. Takže cílový bod v diagramu VSM nebude totožný s počátečním (zákazník), ale cílovým bodem bude v našem případě montáž, respektive sklad montáže do kterého se budou hotové výrobky expedovat. Dalším krokem je vystavení výrobních objednávek, tj. určení množství kusů, které se najednou zadávají do výroby. Polotovary pro výrobu (výkovky) vyrábí dceřiná společnost TAFORGE, a.s. a dodává je do výroby v dávce 500 ks.

Poznámka: Dodávky výkovků do podniku TATRA, a.s. se uskutečňují pomocí nákladního automobilu. Expedice k zákazníkovi, respektive do skladu montáže se děje za pomoci vysokozdvížných vozíků, které převážejí palety s hotovými výrobky.



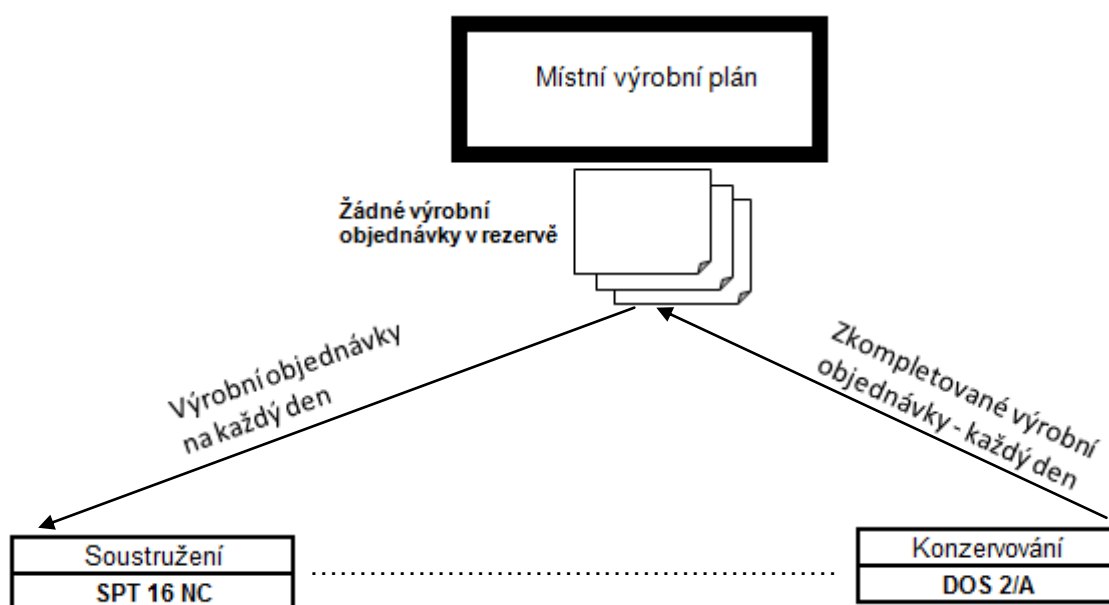
Obr. 25 – Informační toky v podniku TATRA, a.s.

Následuje znázornění všech operací, které se na daném výrobku provádějí. U každé operace se zaznamená do malé tabulky název operace, označení stroje, na kterém se operace provádí, případně další potřebné informace. Mezi jednotlivými operacemi jsou umístěny bedny se zásobami, které se v diagramu značí „domečkem“, ve kterém je vepsán daný počet zjištěných zásob. Pruhovaná šipka mezi operacemi značí, že se vyrábí v dávkách. Všechny operace s potřebnými informacemi jsou znázorněny v celkovém diagramu VSM, který je uveden v Příloze č. 3. Na následujícím obrázku jsou znázorněny pouze první 3 operace s příslušnými informacemi a zásobami mezi stroji (viz Obr. 26).



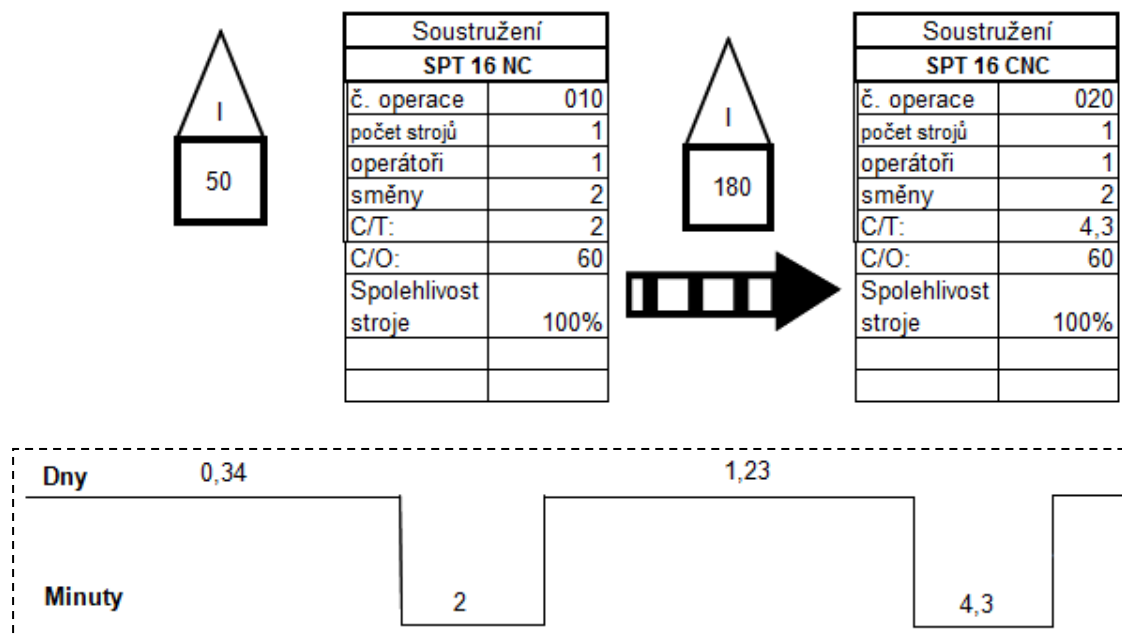
Obr. 26 – Znázornění všech operací s dalšími potřebnými informacemi

Jako další je potřeba zjistit, jak často se z plánu zadávají objednávky přímo na první pracoviště a jak často chodí potvrzení o dokončení výroby z posledního pracoviště zpět do plánování. V případě zvoleného představitele (matice 442 0 2087 016 4) se obojí provádí 1x denně (viz Obr. 27).



Obr. 27 – Zadávání výrobních objednávek a potvrzení o jejich dokončení

Nyní se vypočítají všechny hodnoty, které je potřeba ve VSM (případně VSD) určit. K tomu poslouží časová linie (viz Obr. 28), která se skládá ze dvou úrovní. Na horní linii se zobrazuje stav zásob – kolikadenní zásoby před každým strojem jsou. Na spodní linii se zobrazuje procesní čas (případně i cyklový – pokud se liší). Po zapsání všech hodnot na horní a spodní úroveň se provádí jednotlivé součty (součet hodnot na spodní linii a na horní linii).



Obr. 28 – Časová linie VSM

Zásoby, které se zde zaznamenávají ve dnech, byly spočítány pomocí množstevního plánu na rok 2012 (viz Příloha č. 11), který poskytla firma TATRA, a.s., a pomocí zásob, které byly fyzicky spočítány před stroji. Zásoby před každým strojem jsou zaznamenány v celkovém diagramu VSM, který je uveden v Příloze č. 3. Zde je uveden pouze příklad výpočtu pro zásoby, které jsou před prvními dvěma stroji (znázorněny na Obr. 28). [28]

Vzorec pro jejich výpočet vypadá následovně:

$$Z_D = \frac{Z_S}{PPD_D} = \frac{50}{146} = \underline{0,34 \text{ dní}} \quad [1]$$

$$Z_D = \frac{Z_S}{PPD_D} = \frac{180}{146} = \underline{1,23 \text{ dní}} \dots \quad [2]$$

kde: Z_D = počet zásob mezi pracovišti [dny]; z_s = fyzicky spočítané zásoby [ks]; PPD_D = plánovaný průměrný počet vyrobených dílců za den [ks], který byl stanoven dle následujícího vztahu:

$$PPD_D = \frac{Mpr}{Tr * Dt} = \frac{34995}{48 * 5} = \underline{146 \text{ ks}} \quad [3]$$

kde: Mpr = množství plán všech dílců na rok 2012 (viz Příloha č. 11) [ks]; Tr = počet pracovních týdnů v roce [týdny]; Dt = počet pracovních dnů v týdnu [dny]

Následně byla vypočtena průběžná doba výroby dle následujícího vzorce:

$$PDV_{VSM} = S_{ZVSM} + \frac{Pc_{VSM}}{Dsm} = 3,42 + \frac{17}{450} = \underline{3,46 \text{ dní}} \quad [4]$$

kde: S_{ZVSM} = součet všech zásob mezi jednotlivými stroji [dny]; Pc_{VSM} = součet všech procesních časů na jednotlivých strojích [min]; Dsm = počet minut na práci, které má pracovník k dispozici za směnu [min]

Jako poslední veličina byl vypočten index přidané hodnoty dle následujícího vzorce:

$$PH_{VSM} = \frac{Pc_{VSM}}{PDV_{VSM} * Dsh * Mh} = \frac{17}{3,46 * 7,5 * 60} = \underline{1,1\%} \quad [5]$$

kde: Dsh = počet hodin, které má pracovník k dispozici k práci za směnu [hod]; Mh = koeficient, sloužící k převodu hodin na minuty [min]

Index přidané hodnoty vyšel 1,1 %, což je relativně velmi nízké číslo, které je ale způsobeno poměrně krátkým procesním časem a také vysokým počtem zásob mezi stroji. Procesní čas je potřeba zkrátit na co nejkratší dobu, ale zároveň nesnížit kvalitu obrobků. Zásoby mezi jednotlivými stroji se musí za pomoci vhodných opatření redukovat na minimum.

Jako první návrh na zlepšení bylo zavedeno mezi kovárnou a prvním pracovištěm uvolňování materiálu ve výrobních dávkách dle skutečné potřeby, což zamezí nahromadění zásob před prvním pracovištěm a také toto opatření vnese potřebný přehled o stavu polotovarů na pracovišti.

Dalším návrhem je zavedení toku materiálu po jednom kuse mezi oběma soustruhy, čímž se úplně eliminují zásoby mezi těmito stroji. Mezi CNC soustruhem a frézku pak bude umístěn příslušný frézovací trn, na který se budou postupně nasazovat obrobky a po vyrobení určitého počtu kusů (u zvoleného představitele z daného sortimentu výrobků to bude 18 kusů), se okamžitě upne trn s obrobky na frézku a začne se s frézováním (pro diagram VSD bude použito označení *Signal KANBAN*) ⇒ **zavedení U-linky**. Pro zavedení U-linky je ovšem důležité, aby cyklové časy na jednotlivých strojích v lince byly co nejvíce podobné. Proto bude potřeba sladění časů obou soustruhů i frézky tak, aby nejdelší cyklový čas byl maximálně

o 50 % delší, než nejkratší cyklový čas. To je zajištěno použitím metod **KAIZEN** a **5S** na CNC soustruhu a koupí nových nástrojů (v našem případě fréz) na frézku, což zrychlí oba cyklové časy.

Mezi dalšími operacemi, tj. mezi frézováním a zámečnickými pracemi bude zaveden systematický odběr materiálu, neboli **FIFO**, což umožní odebírat výrobky v pořadí, v jakém se do palety s nedokončenými výrobky dostaly. Maximální počet kusů v paletě s nedokončenými výrobky bude pak roven třem dávkám kusů, které se budou opracovávat na frézce (u zvoleného představitele z daného sortimentu výrobků to bude $3 \cdot 18 = 54$ kusů). Mezi zámečníkem a konzervací výrobků pak bude zaveden opět úplně stejný systém, tzn. odebírání výrobků jako mezi frézou a zámečníkem.

Jako poslední návrh na zlepšení je zavedení systému řízení výroby **KANBAN** mezi skladem dokončených výrobků, skladem montáže a prvním pracovištěm. Tímto opatřením se prakticky může zrušit plánování na jednotlivá pracoviště, protože se vše bude řídit pouze za pomoci kanbanových karet.

Nakonec byl vytvořen sumář všech důležitých informací a vložen pod diagram pro rychlý přehled. V tomto sumáři se většinou uvádí čas taktu linky, součet cyklových a procesních časů, množstevní plán pro daný typ výrobku na rok, náklady na jeden výrobek apod. Konečný diagram VSM je znázorněn v Příloze č. 3. Navržená opatření jsou v diagramu znázorněna *modrou* barvou. Vysvětlivky k jednotlivým značkám ve schématu VSM (případně VSD) jsou znázorněny v Příloze č. 5. [28]

Podrobnější popis navržených opatření bude popsán při návrhu budoucího stavu v kapitole 5.

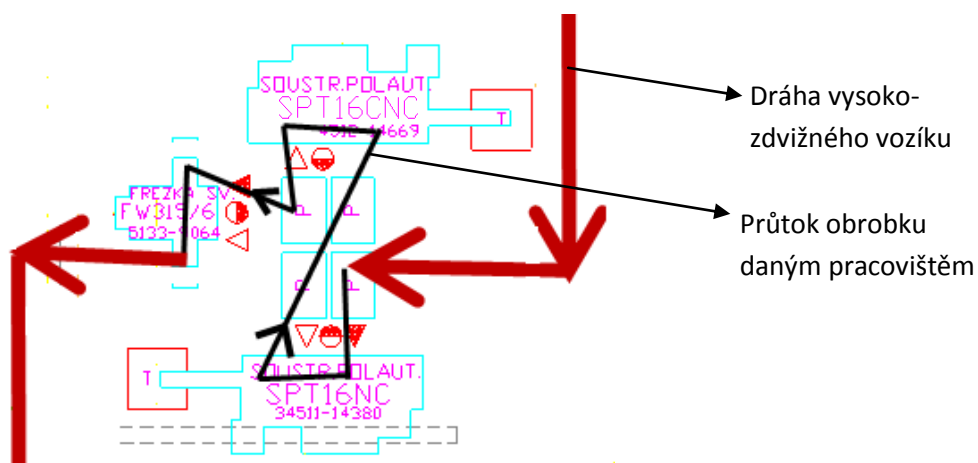
4.2 Znázornění současného stavu pomocí Spaghetti diagramu

Ve Spaghetti diagramu je zobrazen tok daného představitele z určité skupiny výrobků napříč celým výrobním procesem v „Obrobně dílů motorů a převodů“. Z důvodu velkého rozsahu daného diagramu je celkový Spaghetti diagram znázorněn v Příloze č. 6. V diagramu je dráha obrobku mezi pracovišti znázorněna modrými šipkami a dráha obrobku na jednotlivých pracovištích černými šipkami. V této kapitole bude pouze znázorněn tok daného představitele jednotlivými pracovišti, nikoliv celým

podnikem. Postupně bude zobrazen průchod obrobku přes „U-linku“ (NC soustruh, CNC soustruh, frézka), zámečnické pracoviště a konzervační zařízení.

4.2.1 Průtok obrobku přes budoucí U-linku

Na následujícím obrázku (viz Obr. 29) je vidět, že nejprve se výkovky přivezou na pracoviště v paletě na vysoko zdvižném vozíku. Tato paleta se uloží mezi jednotlivé stroje a potom z ní pracovník na NC soustruhu začne odebírat výkovky v určitých dávkách. Po opracování na NC soustruhu, obrobek putuje opět do palet s nedokončenou výrobou, odkud si zase pracovník na CNC soustruhu odebrá kusy v určitých dávkách. Po opracování na CNC soustruhu obrobky putují opět do palet s nedokončenou výrobou a po vyrobení určitého počtu kusů jeden z pracovníků upne tyto obrobky na frézku, kde se provádí poslední operace na tomto pracovišti. Po dokončení obrábění na frézce, se obrobky ukládají do palety určené k odvozu na další pracoviště.

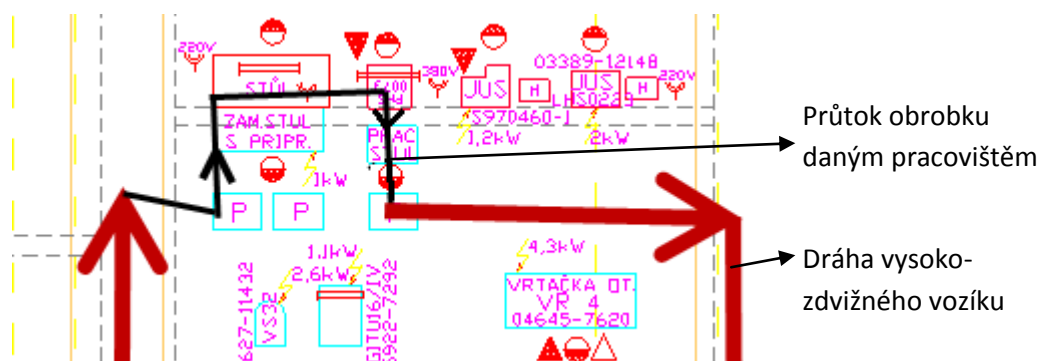


Obr. 29 – Průtok obrobku přes budoucí U-linku [28]

4.2.2 Průtok obrobku zámečnickým pracovištěm

Na následujícím obrázku (viz Obr. 30) je vidět, že vysoko zdvižný vozík přiveze obrobky v paletě k zámečnickému pracovišti, kde si pracovník paletu převezme a přesune před zámečnický stůl. Poté si z palety vezme určitý počet obrobků, které následně opracovává tím, že odstraní otřepy, které vznikly frézováním drážek. Po odstranění otřepů položí výrobky na pracovní stůl, kde zkontroluje, zda jsou všechny hrany obrobku v pořádku a do příslušného místa na obrobku vyrazí ochranný

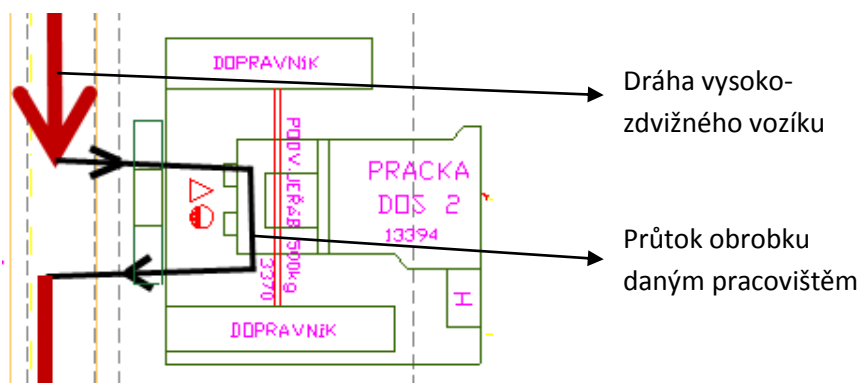
znak. Po vyražení znaku na obrobek jej vždy vloží do palety, která je na pracovišti připravena k odvozu obrobků na poslední operaci.



Obr. 30 – Průtok obrobku zámečnickým pracovištěm [28]

4.2.3 Průtok obrobku přes konzervační zařízení

Na následujícím obrázku (viz Obr. 31) je vidět, že vysoko-zdvízný vozík nejprve přiveze obrobky v paletě před konzervační zařízení, odkud si pak pracovník přesune paletu na příslušné místo. Následně vyloží obrobky z palety do konzervačního zařízení a po určité době z něj vyjme hotové výrobky a vloží je do palety, kterou následně vysoko-zdvízný vozík odveze na montáž náprav.



Obr. 31 – Průtok obrobku přes konzervační zařízení [28]

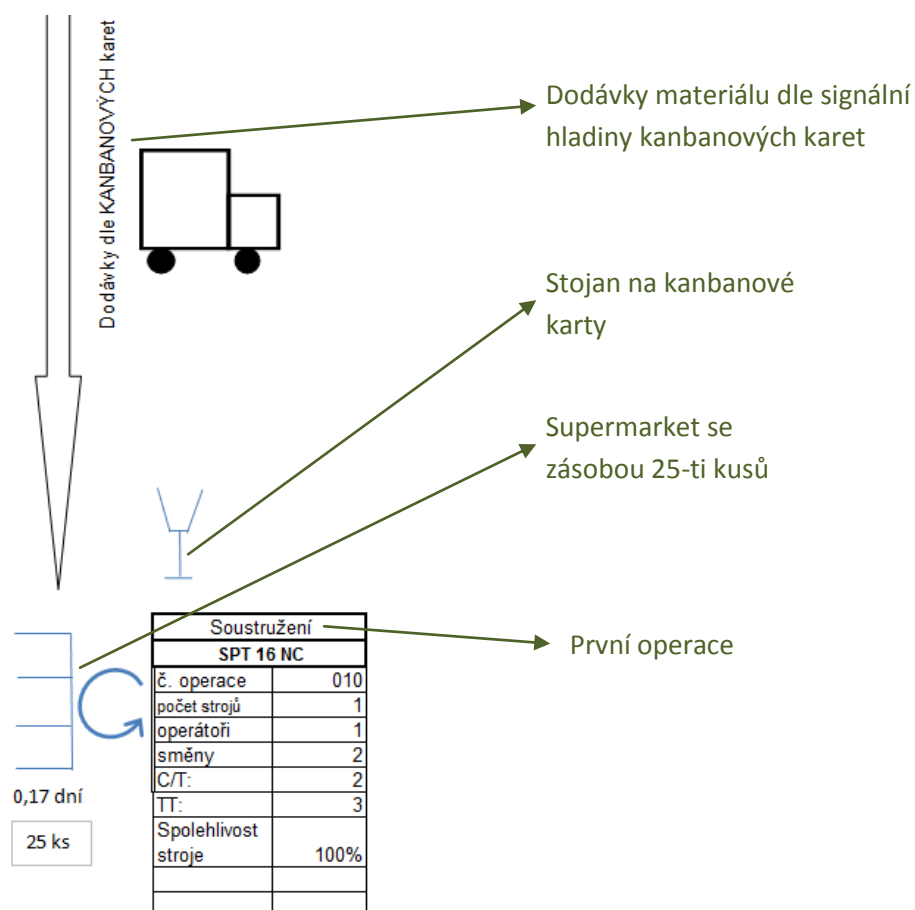
5 Návrh budoucího stavu

Cíle pro budoucí výrobu dané skupiny dílců jsou následující: *snížení počtu operátorů* v zavedené U-lince ze dvou na jednoho (při udržení současného dvousměnného provozu), *zkrácení průběžné doby výroby*, *zvýšení přidané hodnoty výrobku a celkové zefektivnění celého výrobního procesu*. Velmi důležitou záležitostí je pak *kontrola navržených opatření*. Tato kontrola bude provedena pomocí určitých vztahů, které budou zaznamenány do tabulky, a následně se vypočte, zda je možná realizace výroby v daném časovém úseku podle opatření, které byly navrženy.

5.1 Sestavení diagramu VSD

Pro návrh budoucího stavu bude použit nejprve diagram VSD, který je částečně podobný diagramu VSM, pouze s tím rozdílem, že návrhy na zlepšení, které byly znázorněny v diagramu VSM, jsou v tomto diagramu znázorněny příslušnými značkami, podle kterých jsou pak určeny zásoby mezi pracovišti, cyklové časy strojů apod. Dle zavedených zlepšení je pak proveden výpočet příslušných hodnot (přidaná hodnota, průběžná doba výroby, atd.). Význam použitých značek je vysvětlen v Příloze č. 5.

Informační toky v diagramu VSD jsou totožné jako u diagramu VSM. Výjimku tvoří místní výrobní plán, který může být díky řízení výroby pomocí systému KANBAN vynechán. Rozdílný je ovšem dovoz materiálu (výkovků) na první pracoviště, který se řídí kanbanovými kartami. Materiál se na pracoviště dováží menším nákladním vozidlem, jakmile se počet kanbanových karet ve stojanu na karty dostane na signální (objednací) úroveň. Právě tehdy je potřeba zajistit dodání materiálu na pracoviště. Dalším opatřením je zavedení tzv. supermarketu před prvním pracovištěm, kde se bude udržovat zásoba 25 kusů, což pokryje 75-ti minutový časový úsek ($25 \text{ ks} \cdot 3 \text{ min} = 75 \text{ min}$). Z tohoto supermarketu bude pracovník odebírat polotovary pro obrábění na prvním stroji. Toto opatření bylo zavedeno z důvodu možných problémů při dodávce materiálu k prvnímu pracovišti (nefungující vozidlo, chyby v komunikaci, apod.). Na následujícím obrázku je vidět schematické znázornění (modrou barvou) výše uvedených opatření (viz Obr. 32).



Obr. 32 – Znázornění první skupiny navržených opatření v diagramu VSD

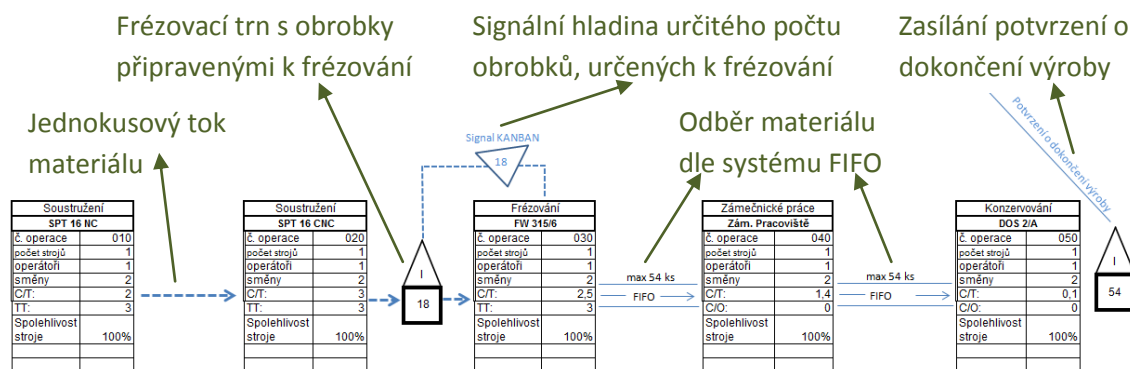
Nyní je potřeba znázornit tok materiálu přes jednotlivá pracoviště. Mezi prvními třemi operacemi (U-linka) je zaveden jednokusový tok materiálu, což téměř úplně eliminuje zásoby mezi těmito operacemi. Zásoby nelze eliminovat úplně, protože mezi CNC soustruhem a frézku musí zůstat vždy několik kusů pro současné opracování 18-ti kusů na frézce. Toto opatření je v diagramu VSD pojmenováno jako Signal KANBAN, protože vyrobení 18-ti kusů na CNC soustruhu je signálem pro upnutí frézovacího trnu s tímto počtem obrobků na frézku a započetí jejich frézování. Pracovník má vždy 2 totožné trny - na jednom z nich frézují obrobky a zároveň na druhý trn pracovník nasazuje obrobky po dokončení jejich obrábění na CNC soustruhu. Schematické znázornění re-layoutu U-linky bude znázorněno v další kapitole. Pomocí metod KAIZEN a 5S (podnícení pracovníka k rychlejšímu pohybu a příprava potřebných pomůcek do blízkosti stroje) byl také zkrácen cyklový čas na CNC soustruhu ze 4,3 minut na 3 minuty, což vyhovuje podmínce, že nejdelší cyklový čas je maximálně o 50 % delší než nejkratší cyklový čas v U-lince. Na frézce bylo pomocí nového nástroje dosaženo téměř dvojnásobného zkrácení cyklového času (ze 4,3 minut na 2,5 minuty) a tím tedy frézka také splňuje výše uvedenou podmínku. Zkrácení cyklového času na 2,5 minuty bylo provedeno na základě srovnání určitých

operací, které se provádějí na vedlejším pracovišti s novými nástroji. Mezi frézováním a zámečnickým pracovištěm je zaveden systém FIFO, který znamená, že vysokozdvizný vozík odváží obrobky dokončené na U-lince do zámečnické dílny v pořadí, v jakém byly postupně vyrobeny. Maximální počet kusů pro odběr je 54 - tři frézovací trny plné obrobků. Do jedné palety se vždy, po dokončení obrábění na frézce, dává pouze 18 kusů obrobků. Tyto palety se pak skládají na sebe. Vysokozdvizný vozík tedy může vzít maximálně 3 palety najednou a dovést je k zámečnickému pracovišti. Maximální doba, která může uplynout mezi dvěma po sobě jdoucími příjezdy vysokozdvizného vozíku pro obrobky, se spočítá následovně:

$$D_{max} = PD * (CT_N * PK) + CT_{Fr} + C_N + C_S + C_O = 3 * (3 * 18) + 43 + 0,6 + 0,4 + 1 = 207 \text{ minut} \quad [6]$$

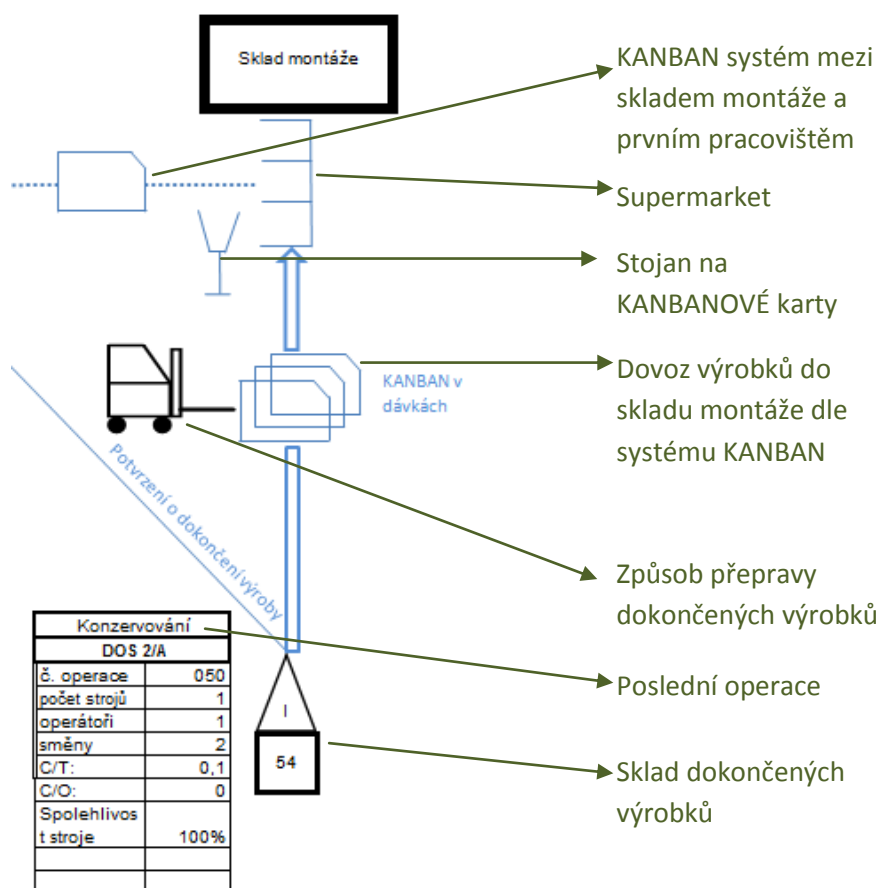
kde: PD = počet dávek, které může maximálně vysokozdvizný vozík odvést; CT_N = nejdelší cyklový čas na U-lince; PK = počet kusů v jedné dávce; CT_{Fr} = cyklový čas frézky; C_N = čas nasazení obrobků na frézku; C_S = čas vyložení obrobků z frézky; C_O = čas na pootočení obrobků na frézce

Po příjezdu vysokozdvizného vozíku na zámečnické pracoviště si pracovník poskládá palety s obrobky vždy tak, aby opracovával nejprve ty obrobky, které byly obráběné jako první i na frézce. Mezi zámečnickým pracovištěm a konzervací výrobků je opět zaveden stejný systém jako mezi dvěma předchozími operacemi, pouze s tím rozdílem, že do konzervačního zařízení vkládá pracovník všechny obrobky najednou. Poté je ukládá do jedné palety na místo, které je možno označit jako sklad dokončených výrobků, odkud se odváží do skladu montáže náprav. Po dokončení výroby na posledním pracovišti se vždy posílá elektronicky potvrzení o dokončení výroby do MRP systému Baan (specifický informační systém). Na následujícím obrázku je vidět schematické znázornění (modrou barvou) výše uvedených opatření v diagramu VSD a jejich popis (viz Obr. 33).



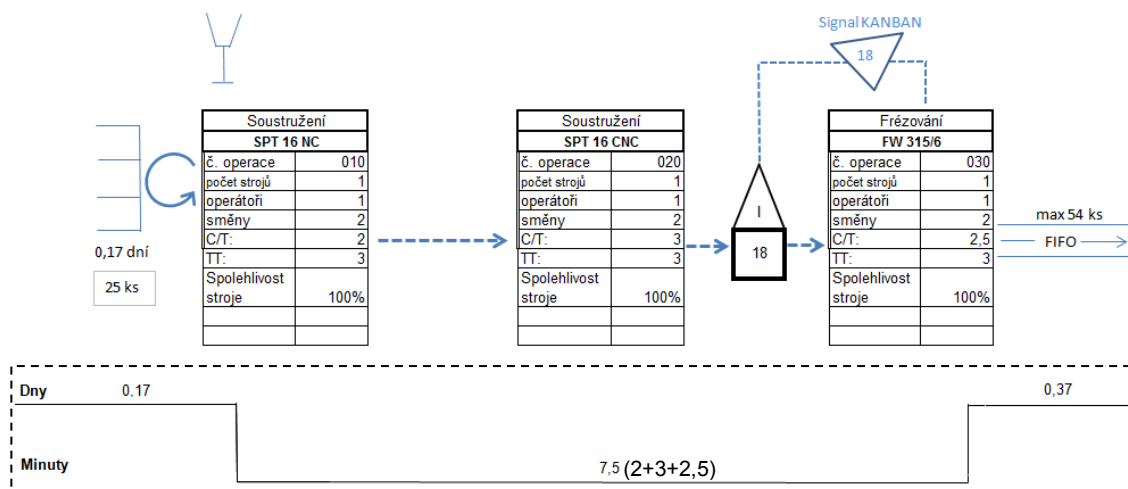
Obr. 33 – Znázornění druhé skupiny navržených opatření v diagramu VSD

Jako poslední návrh na zlepšení byl zaveden systém řízení výroby **KANBAN** mezi skladem dokončených výrobků, skladem montáže a prvním pracovištěm. Tímto opatřením prakticky se může zrušit plánování na jednotlivá pracoviště, protože se vše bude řídit pouze za pomoci kanbanových karet, které se budou přemísťovat z pracoviště na pracoviště s paletami nedokončených výrobků. Po dokončení výroby se palety s hotovými výrobky budou odvážet do skladu montáže, kde bude stojan na kanbanové karty, který bude signalizovat, kolik je ve skladu výrobků. Z toho vyplývá, že je potřeba zřídit supermarket pro přehled o stavu výrobků. Po převzetí výrobků na montáž se karta ze stojanu odebere a přemístí se do stojanu karet před prvním pracovištěm, kde bude čekat, než bude opět potřeba daný výrobek začít vyrábět (tento stav určíme podle již výše zmíněné signální úrovně). Tento cyklus se pak bude neustále opakovat do té doby, než bude potřeba začít vyrábět jiný typ výrobku. Schematické znázornění poslední skupiny navržených opatření v diagramu VSD je znázorněno na následujícím obrázku (viz Obr. 34). Celkový diagram budoucího stavu VSD je znázorněn v Příloze č. 4. U jednotlivých operací, které se provádějí v U-lince, je vždy přiložena malá tabulka, která znázorňuje, z jakých časů se skládá cyklový čas stroje. Světle šedou barvou je znázorněno místní plánování, které je možno díky systému KANBAN prakticky vyřadit. Modrou barvou jsou znázorněna provedená opatření k zefektivnění výrobního procesu.



Obr. 34 – Znázornění poslední skupiny navržených opatření v diagramu VSD

Nyní je potřeba vypočítat všechny příslušné hodnoty tak, jako u diagramu VSM. K tomu poslouží časová linie (viz Obr. 35), na kterou se vepisují hodnoty stejným stylem, jako ve VSM.



Obr. 35 – Časová linie VSD

Zásoby, které se na horní úroveň časové linie zaznamenávají ve dnech, byly spočítány pomocí množstevního plánu na rok 2012 (viz Příloha č. 11) a pomocí zásob, které byly určeny podle navržených opatření. Zásoby před každým strojem jsou zaznamenány v celkovém diagramu VSD, který je uveden v Příloze č. 4. Zde je znázorněn pouze příklad výpočtu pro zásoby před prvním strojem v U-lince a zásoby po dokončení obrobků na U-lince. Vzorec pro jejich výpočet vypadá následovně:

$$Z_{VSD} = \frac{Z_{NO}}{PPD_D} = \frac{25}{146} = 0,17 \text{ dní} \quad [7]$$

$$Z_{VSD} = \frac{Z_{NO}}{PPD_D} = \frac{54}{146} = 0,37 \text{ dní} \dots \quad [8]$$

kde: Z_{VSD} = počet zásob mezi pracovišti v diagramu VSD [dny]; z_{NO} = zásoby, určené dle navržených opatření [ks]; PPD_D = plánovaný průměrný počet vyrobených dílců za den [ks]

Následně byla vypočítána průběžná doba výroby:

$$PDV_{VSD} = S_{ZVSD} + \frac{P_{cVSD}}{D_{sm}} = 1,28 + \frac{13,9}{450} = 1,31 \text{ dní} \quad [9]$$

kde: S_{ZVSD} = součet všech zásob v diagramu VSD mezi jednotlivými stroji [dny]; P_{cVSD} = součet všech procesních časů na jednotlivých strojích v diagramu VSD [min]; D_{sm} = počet minut na práci, které má pracovník k dispozici za směnu [min]

Jako poslední veličina byl vypočítán index přidané hodnoty:

$$PH_{VSD} = \frac{P_{CVSD}}{PDV_{VSD} * Dsh * Mh} = \frac{13,9}{1,31 * 7,5 * 60} = 2,4\% \quad [10]$$

kde: *Dsh* = počet hodin, které má pracovník k dispozici k práci za směnu [hod];

Mh = koeficient, sloužící k převodu hodin na minuty [min]

Zhodnocení dosažených výsledků je provedeno v kapitole 7.

5.2 Návrh re-layoutu U-linky

Při návrhu re-layoutu U-linky se počítá už pouze s jedním operátorem, protože když bude linka běžet v taktu, byl by druhý operátor zbytečný. Prvním krokem při tomto návrhu bylo odstranění palet s nedokončenou výrobou z prostoru mezi stroji. Počet palet s příchozími polotovary byl redukován pouze na 2 palety, které budou umístěné před prvním strojem (NC soustruh) v U-lince. Palety s dokončenými výrobky se budou skládat na sebe v prostoru vedle bedny na třísky od NC soustruhu. Dalším návrhem je přisunutí CNC soustruhu blíže k dalším dvěma strojům – a to z důvodu kratší oběžné dráhy operátora mezi jednotlivými stroji. Mezi CNC soustruh a frézku byl umístěn pracovní stůl, na kterém bude umístěn frézovací trn určený pro obrobky právě dokončené na CNC soustruhu. Nyní budou podrobněji popsány všechny pohyby a úkony operátora v nově navržené U-lince.

Postup operátora při obrábění dílců v U-lince

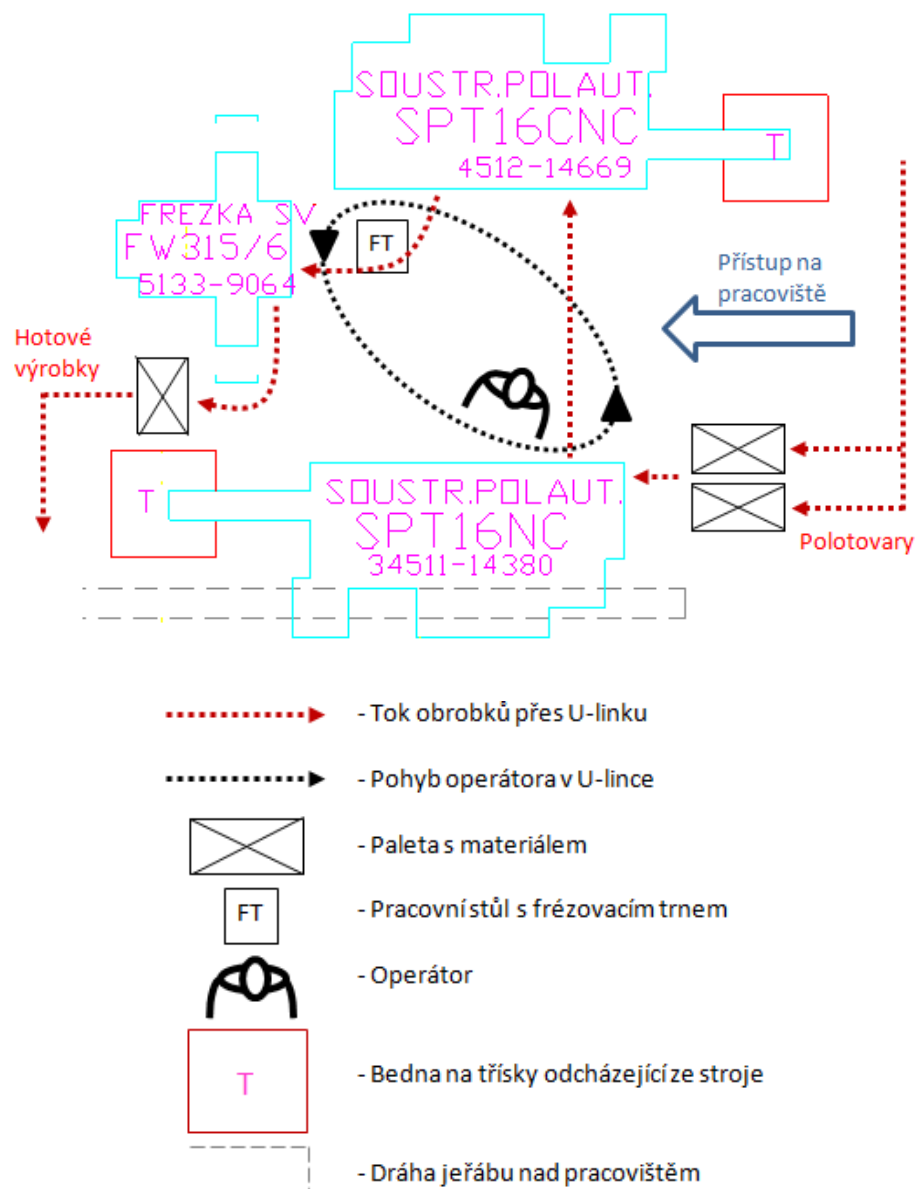
1. Operátor vezme polotovaz z palety před prvním strojem (NC soustruh), vloží jej do stroje a spustí program pro jeho opracování.
2. Při obrábění prvního polotovaru určitého typu výrobku, musí operátor počkat na dokončení spuštěného programu.
3. Po dokončení obrábění na prvním stroji, operátor vyjme obrobek, přesune se s ním k druhému stroji (CNC soustruh), kde jej následně vloží a spustí program pro jeho opracování. Ukázka programu, podle kterého CNC soustruh vyrábí obrobky je znázorněna v Příloze č. 9.
4. Poté si operátor opět připraví další polotovaz a po dokončení obráběcího programu na prvním stroji vyjme obrobek, do stroje vloží polotovaz a spustí obráběcí program.

5. S obrobkem, který vyjmul z prvního stroje, se přesune ke druhému stroji a po dokončení obráběcího programu vymění oba obrobky a spustí obráběcí program.
6. Obrobek, který vyjmul z druhého stroje, nasadí na frézovací trn.
7. Přesune se před první stroj a připraví si další polotovary a po dokončení obráběcího programu na prvním stroji vymění polotovary za obrobek a spustí znovu obráběcí program (viz Příloha č. 9).
8. Takto postupuje stále dokola, než bude mít na frézovacím trnu 18 kusů.
9. Frézovací trn naplněný obrobky pak upne na frézku a spustí automatický posuv pro vytvoření drážky.
10. Poté se přesune k prvnímu stroji a pokračuje dále stejně jako v předchozích případech.
11. Vždy, když operátor dokončí výměnu obrobků na jednom, či druhém stroji a vidí, že automatický posuv na frézce již vyjel ze záběru, pootočí obrobky na frézce o příslušný úhel (u daného představitele 60°) a znovu zapne automatický posuv.
12. Poté se opět vrátí k výměně obrobků na dalším stroji v pořadí.
13. Když se na frézce obrobí všech 6 drážek, operátor vyjme frézovací trn s obrobky, které vyloží do připravené palety pro výrobky dokončené na U-lince a trn odloží na pracovní stůl.
14. Po naplnění druhého (totožného) trnu obrobky jej pracovník opět upne na frézku a spustí automatický posuv.
15. Další obrobky dokončené na druhém stroji pak nasazuje opět na první trn.

Poznámka: Při výjezdu automatického posuvu na frézce ze záběru, není nutné okamžitě pootočit nebo vyložit obrobky, protože cyklový čas na jeden kus je u frézky kratší než u CNC soustruhu, a proto je zde k dispozici určitá časová rezerva. Když operátor vymění obrobky na daném stroji a má k dispozici časovou rezervu, než bude potřeba vyměnit obrobky na druhém stroji, provádí kontrolu právě vyjmutého obrobku nebo může provádět úklid pracoviště.

Tento postup se pak provádí neustále dokola, než operátor v U-lince vyrobí zadanou výrobní objednávku.

Na následujícím schématu je vidět nově navržený re-layout U-linky (viz Obr. 36), na kterém bude operátor provádět výše uvedený postup. K obrázku je přiložena legenda ke všem značkám, které se v daném schématu vyskytují.



Obr. 36 – Nově navržený layout U-linky s pohybem operátora a tokem obrobků

5.3 Návrh Spaghetti diagramu pro budoucí stav

Spaghetti diagram pro budoucí stav se téměř nebude lišit od stavu současného. Důvodem je rozmístění pracovišť (především zámečnické pracoviště a konzervační zařízení) v „Obrobně dílu motorů a převodů“ a jejich obtížně měnitelná poloha vzhledem k výrobě dalších výrobků, které se zde vyrábějí. Tyto pracoviště jsou rozmístěna tak, aby byla co nejlépe dostupná pro všechny zde vyráběné výrobky, a proto s nimi není možné nijak manipulovat. Jedinou změnou tak bude dovoz polotovarů, které se nebudou dovážet do venkovního skladu před dílnu, ale na manipulační plochu blíže k U-lince a změnou bude samozřejmě také jednokusový tok obrobků v U-lince. Spaghetti diagram budoucího stavu je znázorněn v Příloze č. 7 (značení je stejné jako u Spaghetti diagramu současného stavu).

6 Kontrola realizovatelnosti navržených opatření

Při této kontrole je třeba ověřit to, zda bude možné během roku 2012 vyrobit plánovaný počet kusů všech dílců, vyrábějících se na navržené U-lince. Svou roli zde samozřejmě sehrává pracnost jednotlivých operací na dílcích, ale především časy seřizování strojů na jednotlivé dílce. Seřizovací časy nebyly doposud zmiňovány, protože jejich ovlivňování je poměrně časově náročné. Redukováním těchto časů se zabývá metoda štíhle výroby s názvem SMED, při které musí pověřený pracovník sledovat přiděleného pracovníka při seřizování stroje a zapisovat do připraveného formuláře všechny jeho činnosti. Poté se zpracovaný formulář vyhodnotí a roztřídí se externí, interní a ztrátové časy. Cílem pak je přesunout co nejvíce činností do externích, eliminovat časy ztrátové a také všechny časy co nejvíce zkrátit. Tím se pak může dosahovat velkých časových úspor. Při kontrole realizovatelnosti navržených opatření jsou seřizovací časy převzaty z technologických postupů jednotlivých dílců. Při výpočtu kapacit na U-lince, zámečnickém pracovišti a konzervačním zařízení se musí brát v úvahu množstevní plán všech dílců na rok 2012, časy seřizovací i cyklové na všech používaných strojích, dostupný počet hodin za směnu, denní směnnost a celkovou efektivitu zařízení (OEE). Metoda, pomocí které se bude výpočet dostupných kapacit provádět, je tabulka, do které se zaznamenává plánované množství výroby jednotlivých dílců a všechny cyklové a seřizovací časy na jednotlivých operacích. Tyto data byly poskytnuty z interních zdrojů společnosti TATRA, a.s. Z těchto hodnot budou vypočteny celkové časy obrábění a seřízení a podle nich se pak vypočte průběžná doba výroby jednotlivých dílců tak, jako by se vyráběly všechny v taktu na nově vytvořené U-lince. Nejdůležitějším ukazatelem v této tabulce pak bude informace o tom, kolik času je potřeba věnovat týdně jednotlivým dílcům a především pak součet těchto časů, což ukáže, kolik času se musí týdně věnovat všem dílcům dohromady. Poté budou vypočteny průměrné časy seřízení na jednotlivých strojích, podle nichž bude určeno úzké místo, pro které se bude propočít kapacita provádět. Následně bude vytvořena další tabulka, dle které se již určí, zda je vyrobení daného množství dílců realizovatelné.

Nyní budou zaznamenány jednotlivé výše uvedené položky pro jednoho představitele ze všech dílců. Tímto představitelem je opět výše zmíněná matice typu 442 0 2087 016 4, která je jedním z dílců, pro které je plánován nejvyšší počet kusů pro výrobu na rok 2012, a proto je také vhodným představitelem.

*Číslo dílce:*442020870164

Název: Matic

Množstevní plán na rok 2012: 3128 ks

Plánovaný počet vyrobených kusů za týden:

$$PK_T = 3128 / T_R = 3128 / 48 \doteq 65 \text{ ks}$$

[11]

kde: T_R = počet pracovních týdnů v roce [týdny]

CO_{NC} - Seřizovací čas na soustruhu SPT 16 NC: 60 min

CT_{NC} - Cyklový čas na soustruhu SPT 16 NC: 2 min

CO_{CNC} - Seřizovací čas na soustruhu SPT 16 CNC: 60 min

CT_{CNC} - Cyklový čas na soustruhu SPT 16 CNC: 3 min

CO_{Fr} - Seřizovací čas na frézce FW 315/6: 30 min

CT_{Fr} - Cyklový čas na frézce FW 315/6: 2,5 min

CO_{Zp} - Seřizovací čas na zámečnickém pracovišti: 0 min

CT_{Zp} - Cyklový čas na zámečnickém pracovišti: 1,4 min

CO_{Pr} - Seřizovací čas na konzervačním pracovišti (pračka): 0 min

CT_{Pr} - Cyklový čas na konzervačním pracovišti (pračka): 0,1 min

Celkový čas obrábění:

$$C_{Obr} = CT_{NC} + CT_{CNC} + CT_{Fr} + PK_T * (CT_{Ap} + CT_{Pr}) = 2 + 3 + 2,5 + 6 * (1,4 + 0,1) = \underline{105,25 \text{ min}}$$

[12]

Celkový čas seřízení:

$$C_{Seř} = CO_{NC} + CO_{CNC} + CO_{Fr} = 60 + 60 + 30 = \underline{150 \text{ min}}$$

[13]

Čas na FIFO:

$$C_{FIFO} = DS * PM_S = 2 * 450 = \underline{900 \text{ min}}$$

[14]

kde: DS = denní směnnost [-] a PM_S je počet minut, kolik má pracovník k dispozici na práci v jedné směně [min]

Průběžná doba výroby (Lead Time):

$$LT = \frac{C_{Obr} + C_{Seř} + C_{FIFO}}{PM_D} = \frac{105,25 + 150 + 900}{900} = \underline{1,284 \text{ dní}}$$

[15]

kde: PM_D = počet minut, kolik mají pracovníci k dispozici za den [min]

Zlepšení LT v procentech:

$$ZL_{LT} = \left(1 - \left(\frac{LT}{LT_{VSM}} \right) \right) * 100 = \left(1 - \left(\frac{1,284}{3,46} \right) \right) * 100 \doteq \underline{62\%}$$

[16]

kde: LT_{VSM} je průběžná doba výroby ve dnech převzatá z VSM [dny]

Dle výsledku průběžné doby výroby (1,284 dní) je vidět, že se téměř shodují s vypočtenou průběžnou dobou výroby v diagramu VSD (1,31 dní) \Rightarrow to je důkaz, že výpočty proběhly správně. Zároveň ale nelze spočítat zlepšení PDV u všech výrobků, které jsou si technologicky podobné, protože nejsou známy jejich původní průběžné doby výroby dle VSM. Ovšem jak je vidět v příloze (viz Příloha č. 8), vypočítané PDV (Lead Time) jsou u všech dílců velmi podobné, a proto, i na základě porady s konzultantem firmy, který zkontroloval provedené výpočty, je možné říct, že procentuální zlepšení u ostatních dílců bude na obdobné úrovni jako u zvoleného představitele.

Takt linky:

$$TT = MAX(CT_{NC}; CT_{CNC}; CT_{Fr}) = MAX(2; 3; 2,5) = \underline{3min} \quad [17]$$

Procesní čas obrábění:

$$PT_{Obr} = (CT_{NC} + CT_{CNC} + CT_{Fr}) = (2 + 3 + 2,5) = \underline{7,5min} \quad [18]$$

Celkový čas seřízení:

$$SMED_S = (CO_{NC} + CO_{CNC} + CO_{Fr}) = (60 + 60 + 30) = \underline{150min} \quad [19]$$

Čas, který je potřeba týdně věnovat všem operacím na obrobku:

$$C_{celk} = PK_T * TT = 65 * 3 = \underline{195,5min} \quad [20]$$

Nyní bude dle průměrných časů seřízení na jednotlivých strojích určeno úzké místo ve výrobním procesu daného obrobku. Dle tabulky (viz Příloha č. 8) byl vypočten nejdelší průměrný čas seřízení ze všech dílců ($CO_{nej} = 60$ minut) na stroji SPT 16 CNC. Proto bude výrobní kapacita počítána pro tento stroj. V následující Tabulce 1 je již vidět výpočet kapacity úzkého místa.

Tabulka 1 - Výpočet využití kapacit na úzkém místě

Výpočet využití kapacit na úzkém místě - SPT 16 CNC	
Počet pracovních dní v týdnu	5
Hodin/směnu	7,5
OEE	0,95
Min/hod	60
Celkový čas na týdenní produkci [min]:	2632,316
Dostupný čas za 1 směnu [min]:	2137,5
Dostupný čas za 2 směny [min]:	4275
Dostupný čas pro seřízení [min]:	1642,684
Max. počet seřízení:	27

Hodnoty: *Počet pracovních dní v týdnu, Hodin/směnu, OEE, Min/hod* byly stanoveny dle vnitropodnikových materiálů TATRA, a.s.

Celkový čas na týdenní produkci byl vypočten jako součet časů C_{Celk} pro všechny dané technologicky podobné výrobky (viz Příloha č. 8).

Dostupný čas za 1 směnu byl vypočten dle následujícího vztahu:

$$DC_{1S} = (PD_T * Dsh * Mh) * OEE = (5 * 7,5 * 60) * 0,95 = \underline{2137,5min} \quad [21]$$

kde: PD_T = počet pracovních dní v týdnu [dny]; Dsh = počet hodin, které má pracovník k dispozici za směnu [hod], Mh = koeficient, sloužící k převodu hodin na minuty [min] a OEE = celková efektivita všech zařízení [-]

Dostupný čas za 2 směny byl vypočten dle následujícího vztahu:

$$DC_{2S} = 2 * DC_{1S} = 2 * 2137,5 = \underline{4275min} \quad [22]$$

Dostupný čas pro seřízení byl vypočten dle vztahu:

$$DC_{Seř} = DC_{2S} - \sum C_{Celk} = 4275 - 2632,316 = \underline{1642,684min} \quad [23]$$

Maximální počet seřízení za týden byl vypočten dle následujícího vztahu:

$$MP_{Seř} = \frac{DC_{Seř}}{CO_{nej}} = \frac{1642,684}{60} \doteq \underline{27} \quad [24]$$

Jelikož vyšel maximální počet seřízení za týden 27, vychází to denně přibližně na 5 seřízení. A protože ve strojírenském podniku TATRA, a.s. neseřizují stroje více než 2x za směnu (maximálně 4 seřízení za den), můžeme množstevní plán na rok 2012 s navrženými opatřeními považovat za **plně realizovatelný**. Kdyby ale přeci jen bylo potřeba zvýšit počet možných seřízení, použily by se metody SMED pro rychlejší seřízení nebo KAIZEN a 5S pro rychlejší cyklové a procesní časy. Celá tabulka k výpočtu kapacit je znázorněna v Příloze č. 8 (světle modrou barvou je vyznačen řádek zvoleného představitele). Dílce, které jsou v tabulce 2x (mající v závorce číslici 2), jsou takto uvedeny proto, že se na nich provádí 3, respektive 4 operace na soustruzích, a proto nemohou být vyrobeny v U-lince najednou (v jednom taktu), ale nadvakrát.

7 Kvantitativní vyhodnocení provedených opatření

V této kapitole bude provedeno shrnutí výsledků, kterých bylo dosaženo, pomocí zavedení metod štihlé výroby do podniku TATRA, a.s. Výsledky budou zpracovány pomocí tabulky (viz Tabulka 2), v níž jsou v prvním řádku zapsány sledované ukazatele a jejich jednotky, ve druhém a třetím řádku stav před zavedením daných opatření (VSM) a stav po zavedení daných opatření (VSD). V posledním řádku je pak zobrazeno procentuální vyhodnocení zlepšení daného ukazatele.

Tabulka 2 – Kvantitativní vyhodnocení provedených opatření

PDV (Lead Time) [dny]		Σ procesních časů [min]		Σ cyklových časů [min]		Přidaná hodnota [%]		Počet operátorů v U-lince [-]		Celková dráha transportu [m]	
VSM	VSD	VSM	VSD	VSM	VSD	VSM	VSD	VSM	VSD	VSM	VSD
3,46	1,31	17	13,9	12,1	9	1,1	2,4	2	1	1167	1075
62%		18%		26%		1,3%		50%		8%	

Největšího procentuálního zlepšení bylo dle tabulky dosaženo u průběžné doby výroby (PDV). Tato doba byla zkrácena o více než polovinu původní hodnoty a to především radikálním snížením počtu zásob na pracovišti a zkrácením procesních a cyklových časů. Procesní a cyklové časy byly zkráceny především díky zavedení jednokusového toku v U-lince mezi prvními třemi pracovišti. U přidané hodnoty výrobku není procentuální zlepšení tak patrné, ale je vidět, že tato hodnota byla více než zdvojnásobena, což je také nezanedbatelné. Počet operátorů se mohl díky zavedení jednokusového toku v U-lince snížit na polovinu, což určitě také přinese další finanční prostředky navíc. Celková dráha transportu byla taktéž redukována, ovšem zde nebylo možno dosáhnout většího procentuálního zlepšení, protože stroje (zámečnické pracoviště a konzervační zařízení) jsou na dílně rozmístěny tak, aby jejich umístění vyhovovalo všem ostatním, na této dílně vyráběným výrobkům.

8 Zhodnocení provedených investic

V této kapitole budou finančně zhodnoceny návrhy, které byly provedeny v diagramu VSM a následně realizovány v diagramu VSD. Uvedeny zde budou investice, které byly do jednotlivých návrhů vloženy a peněžní prostředky, které byly jednotlivými opatřeními ušetřeny. Samozřejmě nelze všechna opatření vyjádřit v penězích, a proto budou zhodnoceny pouze vybrané druhy provedených opatření.

Uvolňování materiálu dle skutečných výrobních objednávek souvisí se zavedením systému řízení výroby KANBAN. Na zavedení tohoto systému v podstatě nejsou třeba žádné náklady, protože není třeba nakupovat žádné stroje, zařízení apod. Po zavedení tohoto systému je možné zrušit plánování na jednotlivá pracoviště. Jelikož ale není možnost přesně určit, kolik pracovníků spadá pod tuto oblast, není také možné přesně určit, kolik peněžních prostředků toto opatření ušetří. Další zlepšení byla provedena pomocí metod KAIZEN a 5S. Zavedení těchto metod také nevyžadovalo žádné finanční prostředky a finanční přínos těchto opatření souvisí se zavedením jednokusového toku v U-lince, jehož přínos je popsán dále. Systematickým odebráním materiálu (FIFO) se nezískají žádné finanční prostředky, pouze se zamezí tomu, aby podnik o určité finanční prostředky přišel. Zavedení systému FIFO ovšem také nevyžaduje finanční prostředky, a proto je pro podnik vhodným nástrojem.

Pro zavedení jednokusového toku v U-lince bylo zapotřebí zkrátit cyklové časy na CNC soustruhu a na frézce. Na CNC soustruhu bylo zkrácení cyklového času docíleno díky použitým metod KAIZEN a 5S, které jsou popsány výše. Pro zkrácení cyklového času na frézce již nestačilo použití metod štíhlé výroby, a proto byla potřeba koupě nových nástrojů. Na frézce v U-lince se vyrábí 13 z 34 typově podobných dílců. Na všech těchto 13-ti výrobcích se frézují drážky. Šest z těchto výrobků má šířku drážky 12 mm, pět z těchto výrobků má šířku drážky 16 mm a dva z těchto výrobků mají šířku drážky 14 mm. Pro koupi nových nástrojů byl za pomoci konzultanta z firmy TATRA, a.s. vybrán internetový obchod s nářadím NAKOL, s.r.o. Dle katalogu na internetových stránkách byly vybrány na zkušební období jednoho měsíce (nejprve je potřeba vybrané frézy vyzkoušet a určit, zda je můžeme používat pro všechny výrobky, které se mají v roce 2012 na této frézce vyrobit) jednotlivé frézy – vždy 3 kusy fréz pro každý typ obrobku. Jsou to speciální kotoučové frézy pro drážky, které se mohou používat pro materiály s mezí pevnosti:

- do 850 MPa - Konstrukční a lité oceli,
- do 1100 MPa - Nástrojové oceli nízkolegované,
- do 900 MPa - Zušlechťené oceli,
- do 1100 MPa - Nástrojové oceli vysocelegované,

- nad 1100 Mpa - Nástrojové a zušlechťené oceli,
- nad 240 HB (Brinell hardness - tvrdost podle Brinella) - Litina,
- do 850 MPa - Nerezavějící oceli. [25]

Označení a ceny fréz doporučených k nákupu jsou uvedeny v následující tabulce (viz Tabulka 3).

Tabulka 3 – Označení a ceny fréz doporučených k nákupu [25]

<i>Označení frézy</i>	<i>Cena frézy s DPH</i>	<i>Počet obrobků s danou šířkou drážky</i>	<i>Počet fréz doporučených k nákupu</i>	<i>Celková cena daného typu fréz</i>
FRÉZA KOTOUČOVÁ 732373, pro drážky (Frézy: 80 x 12)	1422 Kč	6	18	25596 Kč
FRÉZA KOTOUČOVÁ 732373, pro drážky (Frézy: 80 x 14)	1537 Kč	2	6	9222 Kč
FRÉZA KOTOUČOVÁ 732373, pro drážky (Frézy: 100 x 16)	2175 Kč	5	15	32625 Kč
	5134 Kč	13	39	67443 Kč

Poznámka: U označení frézy, první číslo v závorce značí vnější průměr této frézy a druhé číslo v závorce značí šířku drážky, pro kterou je fréza určena.

Z tabulky je patrné, že na zakoupení celkem 39-ti fréz je potřeba **67 443 Kč**. Doprava je při této částce zdarma, takže uvedená cena je konečná. Samotné zavedení jednokusového toku materiálu (One piece flow) v navržené U-lince způsobí to, že se zrychlí obrátka materiálu, zkrátí průběžná doba výroby a zvýší přidaná hodnota výrobku. Důležité je ale především snížení počtu operátorů v U-lince ze dvou na jednoho, protože lze přesně stanovit finanční úsporu tohoto opatření. Dle interních zdrojů v podniku TATRA, a.s. bylo zjištěno, že průměrná čistá mzda pracovníka na dílně je okolo 13 500 Kč. Podle *ustanovení §6 odst. 13 Zákona o daních z příjmů*, který slouží mimo jiné i pro výpočet superhrubé mzdy, byla tato mzda, kterou odvádí zaměstnavatel stanovena na 22 500 Kč. Z čehož se pak může určit, že roční úspora na jednoho pracovníka, který pracuje na dílně, je **270 000 Kč**.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo implementovat určité metody štihlé výroby do strojírenského podniku pro výrobu nákladních automobilů s názvem TATRA, a.s. Tento podnik s dlouhou historií doposud neměl ve svém výrobním systému zavedeno příliš mnoho metod štihlé výroby, a proto bylo třeba tuto otázku začít řešit. Jako místo, kde by měly být metody štihlé výroby zavedeny, bylo určeno pracoviště se třemi stroji, kde se v nepravidelných dávkách vyráběl sortiment technologicky podobných dílců. Tyto dílce se pak vyráběly ještě na dalších dvou pracovištích, odkud byly přemísťovány na montáž náprav.

Po několikátýdenním pozorování přiděleného pracoviště byl pomocí diagramu VSM sestaven a znázorněn současný stav výroby pro zvoleného představitele z daných dílců. Bylo zjištěno, že současný stav neodpovídá představám vedoucích pracovníků, a proto bylo třeba navrhnout nový stav, který by již obsahoval konkrétní metody štihlé výroby. Po implementaci návrhů na zlepšení z diagramu VSM byl vytvořen návrh budoucího stavu neboli diagram VSD. V tomto diagramu již bylo uplatněno několik metod štihlé výroby, pomocí kterých byl poměrně výrazně zefektivněn výrobní proces zvoleného představitele ze skupiny technologicky podobných dílců. Především zavedením jednokusového toku v U-lince bylo dosaženo zkrácení průběžné doby výroby o 62 %, redukce pouze na jednoho operátora v U-lince, zvýšení přidané hodnoty výrobku o více než dvojnásobek a další zefektivnění výrobního procesu. Rovněž byla provedena kontrola realizovatelnosti navržených opatření, čili využití kapacit především na nově zavedené U-lince. Podle pracnosti jednotlivých dílců a pomocí zavedených metod štihlé výroby bylo vypočteno, že množstevní plán na rok 2012, pro výrobu všech dílců na U-lince, kapacity jednotlivých strojů a pracovníků pojmu, čili **je realizovatelný**. Na závěr této práce bylo vypočteno kvantitativní zhodnocení všech zlepšení ve výrobním procesu, kterých bylo za pomoci určitých metod štihlé výroby dosaženo a bylo provedeno zhodnocení investic do zavedených opatření.

Je třeba říct, že cíle této práce byly splněny a výrobní proces daného sortimentu výrobků byl poměrně výrazně zefektivněn. Pro mě samotného byla tato práce velkým přínosem, protože jsem díky ní nabyl velké množství nových vědomostí a zkušeností, které bych pouze teoretickým studiem pravděpodobně nikdy nezískal, a proto si také velmi cením této možnosti být po určitou dobu pomocnou silou ve strojírenském podniku.

Seznam použité literatury

1. JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 1998. 199 s. ISBN 80-7169-394-4.
2. KOŠTURIÁK, Ján. - FROLÍK, Zbyněk. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vydání. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9.
3. ADAIR, John. *Umění kreativního myšlení: Jak být inovativní a rozvíjet skvělé myšlenky*. 1. vydání. Přeložila Romana Topiarzová. Brno: Computer Press, a. s., 2011, 134 s. ISBN 978-80-251-3004-9.
4. GOLDRATT, Eliyahu M. - COX, Jeff. *Cíl: Proces trvalého zlepšování*. 2. přepracované vydání. Přeložili Libuše a Miloš Trávníčkovi. Praha: INTERQUALITY, spol. s r. o., 2001, 333 s. ISBN 80-902770-2-0.
5. ROTHER, Mike - SHOOK, John. *Learning to see*. Version 1.2. Brookline: The Learn Enterprise Institute, 1999. 143 s. ISBN-13 978-0966784305
6. KLUSÁČEK, Vladimír. *Výtopna HEKTOR.BIZ* [online]. 13.1.2009 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://vytopna.hektor.biz/view.php?cislocclanku=2009110003>>
7. *TATRA: Historie a milníky* [online]. 2011 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.tatra.cz/o-spolecnosti/historie-tatry/historie-a-milniky/>>
8. *TATRA: Historie výroby* [online]. 2011 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.tatra.cz/o-spolecnosti/historie-tatry/historie-vyroby/>>
9. *Národní technické muzeum: Automobil NW Präsident* [online]. 2000, poslední revize 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.ntm.cz/exponat/automobil_prasident>
10. HRADECKÝ, Václav. *Zemní a bourací práce: Technika* [online]. 18.12.2006, poslední revize 1.5.2007 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.zembou.com/technika.htm>>
11. *TATRA: Nákladní automobily* [online]. 2011 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.tatra.cz/nakladni-automobily/produktovy-katalog/tatra-phoenix/>>
12. KCM CONSULTING S.R.O. *VZDĚLÁVACÍ A PORADENSKÁ SPOLEČNOST: Plýtvání* [online]. 2008 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.kcm.cz/kategorie/plytvani.aspx>>
13. *TRILOGIQ: 7 druhů plýtvání* [online]. 2002 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://trilogiq.cz/filosofie-stihle-vyroby/7-druhu-plytvani-muda/>>

14. TUČEK, David. *CVIS: Kanban jako řídicí a integrující metoda v informačním systému* [online]. 4.10.2004 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.cvis.cz/hlavni.php?stranka=novinky/clanek.php&id=167>>
15. KEBEK s.r.o. *Kanban Princip 2 a více zásobníkového systému* [online]. 2009 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.kebek.cz/logistika/kanban/>>
16. AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, s.r.o. *API: One piece flow* [online]. 2005, poslední revize 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/page/68413.one-piece-flow/>>
17. VOLKO, Vladimír. *Slovníček zvyšování výkonnosti podniku* [online]. 2009, [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://www.volko.cz/info/slovník_pojmu.php>.
18. STRATEGOS. *Value Stream Mapping* [online]. 2007, poslední revize 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.strategosinc.com/value_stream_mapping1.htm>
19. KOCUREK, Jaromír - STŘELEČ, Jiří. *Vlastnicestac: "5S" kvalita je pořádek* [online]. 2006, poslední revize 2009 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://mfg4u.blogspot.com/2011/05/lean-manufacturing-101-valuestream.html>>
20. *Štíhle myslenie: Metóda 5S* [online]. 2011 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.stihlemyslenie.sk/sk/stihle-nastroje/1/metoda-5s.html?all=1>>
21. VENKATESHWARAN, Shilpa. *Yes to 5S Anywhere Anytime* [online]. 25.3. 2011 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://solutions.woltersklower.com/blog/2011/03/yes-to-5s-anywhere-anytime/>>
22. AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, s.r.o. *API: Časové studie – nástroj průmyslového inženýrství* [online]. 1. 1. 2009, poslední revize 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/article/68428.casove-studie-8211-nastroj-prumysloveho-inzenyrstvi/>>
23. LEVAY, Radek. *Ikvalita.cz: SMED* [online]. 2005, poslední revize 2011 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=129>>
24. AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, s.r.o. *API: SMED* [online]. 2005, poslední revize 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/page/68400.smed/>>
25. NAKOL s.r.o. *FRÉZA KOTOUČOVÁ 732373, pro drážky* [online]. 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.nakol.cz/nastroje-pro-obrabeni-kovu/frezy-na-kov/frezy-kotoucove/freza-kotoucova-pro-drazky-732373-732373.html#but>>

26. MDT. *Measuring Up Lean: The Journey Towards Operational Excellence* [online]. 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <<http://www.mdtmag.com/Archives/2006/10/Measuring-Up-Lean--The-Journey-Towards-Operational-Excellence/>>
27. VŠB-TU Ostrava: *Vnitropodnikové materiály*
28. TATRA, a.s.: *Vnitropodnikové materiály*
29. TOYOTA: *Kanban system* [online]. 1995, poslední revize 2012 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html>

Seznam příloh

- Příloha č. 1 Technologický postup zvoleného představitele ze skupiny technologicky podobných dílců (matice 442 0 2087 016 4)
- Příloha č. 2 Výrobní výkres zvoleného představitele (matice 442 0 2087 016 4)
- Příloha č. 3 Celkový diagram VSM
- Příloha č. 4 Celkový diagram VSD
- Příloha č. 5 Značky používané v diagramech VSM a VSD
- Příloha č. 6 Spaghetti diagram současného stavu
- Příloha č. 7 Spaghetti diagram budoucího stavu
- Příloha č. 8 Celková tabulka pro výpočet kapacit
- Příloha č. 9 Ukázka obráběcího programu pro CNC soustruh
- Příloha č. 10 Princip systému KANBAN
- Příloha č. 11 Množstevní plán všech dílců na rok 2012

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1	Konečný diagram VSM
Obr. 2	Konečný diagram VSD
Obr. 3	Uplatňování systému KAIZEN pomocí workshopu
Obr. 4	Příklad KANBAN systému
Obr. 5	Rozdíl mezi výrobou v dávkách a výrobou po jednom kuse
Obr. 6	Změna na pracovišti po použití Metody 5S
Obr. 7	Spaghetti diagram pohybu tří pracovníků po pracovišti
Obr. 8	Základní kroky systému SMED
Obr. 9	Plakát továrny TATRA na konci 19. stol.
Obr. 10	Osobní automobil Präesident
Obr. 11	Tatra 815
Obr. 12	Tatra Phoenix
Obr. 13	Poloautomatický soustruh SPT 16 NC
Obr. 14	Poloautomatický soustruh SPT 16 CNC
Obr. 15	Frézka FW 315/6
Obr. 16	Půdorys pracoviště a pohyby operátorů
Obr. 17	Výkovek, ze kterého vznikne matice
Obr. 18	Matice po opracování na 1. stroji (NC soustruh)
Obr. 19	Matice po opracování na 2. stroji (CNC soustruh)
Obr. 20	Matice po opracování na 3. stroji (Frézka)
Obr. 21	Závitový trn DOBRÝ
Obr. 22	Plochý závitový kalibr
Obr. 23	Konzervační zařízení (pračka) DOS 2/A
Obr. 24	Pojíždějící rošt pračky
Obr. 25	Informační toky v podniku TATRA, a.s.
Obr. 26	Znázornění všech operací s dalšími potřebnými informacemi
Obr. 27	Zadávání výrobních objednávek a potvrzení o jejich dokončení
Obr. 28	Časová linie VSM
Obr. 29	Průtok obrobku přes budoucí U-linku
Obr. 30	Průtok obrobku zámečnickým pracovištěm
Obr. 31	Průtok obrobku přes konzervační zařízení
Obr. 32	Znázornění první skupiny navržených opatření v diagramu VSD
Obr. 33	Znázornění druhé skupiny navržených opatření v diagramu VSD
Obr. 34	Znázornění poslední skupiny navržených opatření v diagramu VSD
Obr. 35	Časová linie VSD
Obr. 36	Nově navržený layout U-linky s pohybem operátora a tokem obrobků

Tabulka 1	Výpočet využití kapacit na úzkém místě
Tabulka 2	Kvantitativní vyhodnocení provedených opatření
Tabulka 3	Označení a ceny fréz doporučených k nákupu

